L'AGRONOMIE TROPICALE



1960
XV
N° 5
Sept.-Oct.

DIRECTION DE L'AGRICULTURE DE L'ÉLEVAGE ET DES FORÊTS

L'AGRONOMIE TROPICALE

PUBLICATION BIMESTRIELLE

Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

Administration : 20, rue Monsieur, Paris (7e). — Tél. : SUF. 46-71

Volume XV - 1960

NUMÉRO 5 SEPT. - OCT.

SOMMAIRE

ÉTUDES ET TRAVAUX :

NOTES ET ACTUALITÉS :

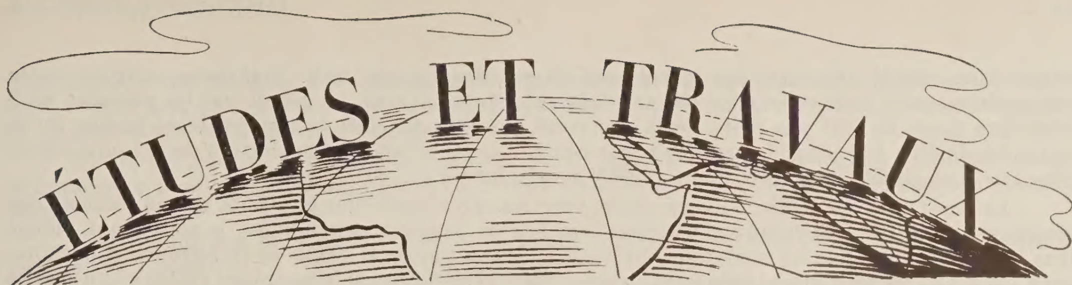
	ABONNEMENTS ANNUELS (six fascicules et les suppléments)		Chaque fascicule séparément et le supplément correspondant
	" L'Agronomie Tropicale "	Documentation analytique	
FRANCE ET UNION FRANÇAISE..	60 NF	7 NF	11 NF
ÉTRANGER	65 NF	8 NF	12 NF

Le règlement des abonnements peut être effectué par chèque bancaire ou chèque postal, au compte Paris, n° 15-084-22 au nom de l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières, 20, rue Monsieur, Paris (7e).



Cliché : R. Guy. Photothèque : Péchiney Progil

Baobab au Sénégal



LES NÉMATODES PHYTOPARASITES DES SOLS DE COCOTERAIE DU TOGO. ESSAI D'INTERPRÉTATION DU PEUPLEMENT

par

Michel LUC
Maître de Recherches ORSTOM

et

H. HOESTRA
Phythopathologiste de l'IRHO au Togo

Une étude précédente de l'un des auteurs (LUC, 1957) avait été consacrée aux nématodes phytoparasites des sols de cocoteraie du Togo dans leurs relations avec la « maladie de Kaïncopé » ou « Cap St Paul wilt ». Nous ne reviendrons pas sur cette épiphytie qui ravage, de plus en plus rapidement, un plus en plus grand nombre de cocotiers tant au Togo qu'au Ghana. Un article récent (BACHY et HOESTRA, 1958), ainsi qu'un rapport à circulation limitée (HOESTRA, 1959), font d'ailleurs le point des travaux effectués, et en cours, sur cette question.

Dans cette note précédente traitant des nématodes, il s'était révélé une certaine différence dans le peuplement nématologique, entre zone malade et zone saine, mais le nombre de prélèvements avait été assez restreint (18). Il convenait donc de reprendre ces études sur un beaucoup plus grand nombre d'échantillons et de vérifier si le peuplement nématologique phytoparasite n'était pas plus en relation avec la nature même des différents types de sol qu'avec l'état morbide ou sain du cocotier.

Certes il n'eut pas été nécessaire pour effectuer cette vérification d'examiner les quelque cent quarante échantillons dont l'analyse constitue la présente note, mais le développement des examens nous a montré que des indications écologiques sur un biotope particulier pouvaient en être extraites et ce sont celles-ci qui constitueront l'essentiel de ce travail, un seul chapitre restant réservé aux relations entre nématodes et maladie de Kaïncopé.

* * *

TECHNIQUES UTILISÉES

Chaque prélèvement était effectué par l'un des auteurs en plusieurs points au pied d'un cocotier, points toujours distants de 1,5 m du tronc, et à 0,20 m de profondeur. Les échantillons, mis en sacs de polythène, étaient expédiés le jour même par avion à Abidjan et étaient analysés le lendemain au laboratoire de Nématologie de l' I D E R T à Adiopodoumé.

L'analyse du sol avait lieu en prélevant 250 cm³ par échantillon ; en cas de peuplement très faible, une autre portion de 250 cm³ était analysée et les résultats confondus. Ces 250 cm³ étaient passés à l'élutriateur de SEINHORST dans lequel un courant d'eau de 750 cm³/heure était maintenu,

vitesse assez rapide nécessitée par la présence de grandes espèces, telle *Xiphinema* n. sp. a ; cette vitesse du courant, mauvaise pour des sols très chargés en humus, ne gênait pas les passages ultérieurs aux tamis de 250 par suite de la pauvreté générale des sols de cocoteraie en humus et en particules de 50 à 150 μ ; elle permettait, par contre, une très bonne récupération de la faune nématologique. Les chiffres donnés ne sont toutefois valables qu'à 5-10 % près.

Les individus recueillis, en suspension avec les rares particules très fines du sol, étaient mis ensuite sur tamis de 250 recouvert de deux couches de papier à démaquiller, le tout étant plongé dans l'eau : en une nuit, les nématodes passent à travers papier et tamis et se retrouvent parfaitement nettoyés. Ils sont alors remis en suspension dans 50 cm³ d'eau et le comptage global a lieu sur des lames ouvertes en plexiglas quadrillé contenant 5 cm³. L'identification des espèces a lieu sur ces mêmes lames et est effectuée sur cent ou deux cents individus. Pour les espèces peu fréquentes ou difficiles, les déterminations sont faites après fixation et montage à la glycérine.

Pour *Meloidogyne incognita acrita* Chitwood, 1949, une technique particulière dut être adoptée, car si la détermination ne peut avoir lieu que sur des femelles, seuls des juvéniles et beaucoup plus rarement des mâles sont rencontrés dans le sol ; les femelles, en effet, vivent à l'intérieur même des racines sur lesquelles elles provoquent des gonflements caractéristiques (root-knot). Une portion de la terre des échantillons contenant des larves était mélangée à de la terre stérile, puis ensemencée avec des graines de tomate. Deux mois plus tard les racines étaient prélevées, les femelles extraites des galles et déterminées.

LE MILIEU

La cocoteraie.

La cocoteraie du Togo est presque entièrement située sur la bande de terre assez basse et au relief atténué qui s'étend entre la mer au sud, et, au nord, un ensemble de zones marécageuses, de rivières et de lagunes, comprenant également le lac Togo. Sur cette bande de terre, large de 1 à 4 km et longeant la côte sur 45 km, le cocotier est la culture essentielle.

D'une surface de 6.000 ha environ, la cocoteraie du Togo, comparée avec les cultures séculaires d'Asie et d'Océanie, est relativement jeune ; en 1885, début de la colonisation allemande dans la région, le cocotier, importé, y est encore rare ; ensuite, une importante extension des plantations a lieu, jusqu'à 3.000 ha en 1914. La plus grande majorité des 3.000 autres hectares fut plantée il y a plus de vingt ans.

Le sol.

En partant de la côte on distingue, vers le nord, trois zones principales de sols (Lamouroux, 1958) :

Frange 1.

De 500 à 1.000 mètres de large, cette frange est constituée de **sable marin** relativement grossier (30 à 60 % d'éléments entre 0,2 et 2 mm, et moins de 3 à 6 % d'éléments fins). La teneur en bases échangeables est faible. Cette frange bénéficie de la proximité de la mer, l'eau de condensation et les embruns ayant une influence directe sur la condition du cocotier, ainsi qu'une influence indirecte en favorisant le développement d'une végétation adventice provoquant une augmentation de la teneur en humus. D'autre part, la présence de nombreux villages contribue, par les ordures et les déchets, à augmenter la teneur du sol en matière organique.

Frange 2.

De 1.000 mètres de large, elle est constituée par du **sable marin** identique à celui de la frange 1, mais ici le sol est nettement plus pauvre par suite de l'absence des facteurs favorables de la frange 1 : proximité de la mer et villages. Les cocotiers sont chétifs, ou même ont disparu sur de larges étendues, principalement aux endroits où la nappe phréatique se trouve à plus de 2 m de profondeur.

Frange 3.

Sols roses, s'étendant sur 200 à 2.000 m de large ; ce sont des alluvions fluviatiles comprenant 15 à 30 % de sable grossier et 3 à 10 % d'argile ou d'hydroxides ; la réserve et l'équilibre minéraux

sont meilleurs que dans les deux premières franges ; une portion de cette zone, le plateau de Kaïncopé, s'élève jusqu'à 7 m au-dessus du niveau de la mer ; le pouvoir de rétention d'eau est assez élevé et l'ascension capillaire non négligeable.

Entre les franges 2 et 3 existe une dépression, prolongement de la lagune de Lomé, au sud de laquelle on trouve des terrains plus bas que ceux de la frange 2 et composés de sables fins (Akodessewa).

Dans la portion nord de la frange 3, certaines régions basses sont formées d'alluvions récentes (île de Tamani).

En certains points, notamment Lomé et Anécho, la frange 3 est contiguë aux **terres de barres.** Ces dernières, très riches, ne portent généralement pas de cocotiers, dont il n'existe que quelques plantations dans les zones de transition.

Nous étudierons plus loin l'influence des variations de la nature de sol sur le peuplement nématologique.

L'effet de ces variations se fait sentir sur la végétation adventice qui reflète la condition des sols de la région ; elle est la plus abondante dans la frange 3, où d'importantes surfaces portent également des cultures vivrières (manioc, maïs, arachide).

Les sols de la cocoteraie du Togo se prêtent donc fort bien à une étude écologique du peuplement nématologique phytoparasite : les types de sols sont peu nombreux, bien différenciés et leurs données physiques et chimiques ont été précisées par des études pédologiques récentes. La variation du couvert végétal est minime, en ce sens que le développement des cocotiers est à peu près partout le même, ceux-ci étant en général âgés de plus de vingt ans ; la végétation, autre que le cocotier, est souvent peu abondante, parfois nulle et le nombre d'espèces adventices relativement faible ; les variations de l'état du sol dues à la pluviosité, pendant les périodes de prise des échantillons (du 20 mai au 8 septembre 1958), sont également peu importantes. Les conditions concouraient donc pour une étude du peuplement nématologique en fonction de quelques variables seulement : type du sol et végétation adventice du cocotier.

LES NÉMATODES ET LA MALADIE DE KAINCOPÉ

Les causes et la nature de la maladie de Kaïncopé sont encore inconnues, malgré les observations et les expériences multipliées ces dernières années. On penche actuellement pour une origine virosique de cette affection.

Il convenait donc de vérifier si les nématodes n'entraient pas en jeu et si, sans agir eux-mêmes comme organismes pathogènes, ou seulement très légèrement, ils ne pouvaient jouer un rôle de vecteur. Les nématodes sont, en effet, depuis longtemps, soupçonnés d'être les vecteurs ou les introducteurs de certains virus terricoles, et il vient d'être démontré récemment, pour la première fois, dans le « fanleaf » de la vigne (Hewitt, Raski & Goheen, 1958), qu'un nématode pouvait introduire un virus pathogène dans une plante. Il s'agit, dans ce cas, du nématode *Xiphinema index* Thorne et Allen, 1950. Or le nématode phytoparasite le plus fréquent dans les sols de cocoteraie du Togo appartient également au genre *Xiphinema.*

Les prélèvements analysés dans la première note (Luc, 1957) avaient montré une certaine différence dans le peuplement nématologique phytoparasite entre zones saines et zones atteintes de la maladie de Kaïncopé, mais, à l'époque, il n'avait pas été porté attention à la nature du sol sur lequel les prélèvements avaient lieu ; or les échantillons venant de la zone saine avaient été prélevés sur sable grossier, sol très défavorable aux trois espèces principales qui parasitent le cocotier, et, par contre, les échantillons de zone malade sur sol rose ou sable fin, tous deux favorables à ces mêmes espèces.

La présente étude nous a, en fait, montré que les taches de maladie de Kaïncopé ne peuvent être en relation avec aucune des espèces de nématodes phytoparasites rencontrées dans les couches superficielles du sol, la répartition et l'abondance de ces espèces étant gouvernées par d'autres facteurs, analysés plus loin, qui ne jouent aucun rôle dans cette maladie. Pour être totalement certain que les nématodes ne prennent aucune part à la maladie de Kaïncopé, il faudrait étudier la répartition de *Dolichodorus profundus* Luc. 1960 en fonction de celle de la maladie, cette espèce ayant été rencontrée dans deux des trois échantillons de sol, pris à un niveau légèrement supérieur à celui de la nappe phréatique, en zone malade. Les difficultés de ces prélèvements semblent assez grandes

et le très faible nombre d'individus rencontrés dans les échantillons positifs (quelques individus au litre de sol) ne doit jouer qu'un rôle pathogène négligeable.

Il n'existe aucune relation entre l'état morbide ou sain du cocotier et la valeur du peuplement nématologique total :

Sable fin, végétation adventice nulle :

Zone saine 950*
Zone malade 589

Sable grossier, végétation adventice nulle :

Zone saine 292
Zone malade 395

Le peuplement nématologique phytoparasite ne varie pas non plus de façon significative dans l'un et l'autre cas :

Sable fin, végétation adventice nulle :

Zone saine .... moyenne 58
Zone malade .... moyenne 68

Sable grossier, végétation adventice nulle :

Zone saine .... moyenne 26
Zone malade .... moyenne 56

Le nombre de nématodes semble légèrement plus élevé dans les zones malades que dans les zones saines, ce phénomène étant plus marqué sur sable grossier que sur sable fin, mais les chiffres sont trop faibles pour qu'une certitude s'en dégage.

Les relations entre état morbide ou sain du cocotier et la présence ou l'absence (ou la valeur) de la population de *Xiphinema* n.sp.a, espèce phytoparasite la plus abondante, sont inexistantes :

Sable fin (échantillons sans végétation adventice) :

en zone malade, dix sur treize des échantillons contiennent *Xiphinema* n.sp.a à une moyenne de 52 au litre de sol,

en zone saine, sept échantillons sur sept, à une moyenne de 51.

Sur les autres types de sol, le nombre d'échantillons sans végétation adventice contenant *Xiphinema* n.sp.a est trop faible pour permettre une comparaison valable entre zone saine et zone malade.

La liaison entre *Scutellonema bradys*, espèce la plus représentée après *Xiphinema* n.sp.a, et la maladie de Kaïncopé n'apparaît pas à l'examen des chiffres. *S. bradys* est présent dans un trop petit nombre d'échantillons sur le même type de sol et sans végétation adventice, pour que des comparaisons entre zone saine et zone malade puissent avoir une quelconque valeur. Cependant, le fait même que des différences n'apparaissent pas entre les zones malades et les zones saines, mais que les différences dans le nombre d'individus puissent être rapportées au type de sol et à la présence, l'abondance ou la nature de la végétation, prouve, indirectement, que ces deux facteurs ont une importance très grande masquant une éventuelle liaison avec la maladie de Kaïncopé.

Les autres espèces phytoparasites ont été rencontrées dans un nombre trop faible d'échantillons pour que des comparaisons valables puissent avoir lieu entre zone saine et zone malade, mais le fait même que ces nématodes soient absents de nombreux échantillons prélevés en zone malade ou en bordure de cette zone et fréquemment présents dans des échantillons provenant du centre de zones saines, prouve qu'ils ne jouent aucun rôle dans la maladie de Kaïncopé.

Répartition verticale des nématodes.

Pour étudier la répartition verticale des nématodes, une tranchée a été creusée en partant du pied d'un cocotier malade, sans végétation adventice, de la tache d'Akodessewa (sable fin). Cette

* Dans cette étude les chiffres donnés, sauf indication spéciale, se rapportent toujours au « nombre de nématodes par litre de sol ».

tranchée s'approfondissait jusqu'à la nappe phréatique (1,60 m de la surface) et se prolongeait jusqu'à 3 m du cocotier. Douze prélèvements ont été effectués, à — 0,40 m, — 0,80 m, — 1,2 m et au niveau de la nappe phréatique (— 1,6 m) et à 1 m, 2 m, et 3 m du cocotier. Un prélèvement de référence a été également effectué à 1,5 m du tronc et 0,2-0,25 m de profondeur. Des analyses quantitatives n'ont malheureusement pu avoir lieu à ce moment.

Sur la coupe de la tranchée, on constate que les racines du cocotier forment un lacis dense descendant jusqu'à 0,50-0,60 m de la surface du sol et que quelques faisceaux de grosses racines s'en détachent et plongent jusqu'à la nappe phréatique.

Les nématodes libres sont surtout abondants dans les prélèvements de — 0,20 m, — 0,40 m, et — 0,80 m. Au point de vue des espèces phytoparasites dans le prélèvement — 0,20m et dans les trois prélèvements — 0,40 m on trouve *Xiphinema* n.sp.a et *Scutellonema bradys* ; dans un seul (à — 0,40 m), *Hemicycliophora pauciannulata* ; ce sont là les trois espèces les plus fréquentes des sols de cocoteraies. Dans le prélèvement — 0,80 m à 1 m du tronc, on trouve quelques *Xiphinema* n.sp.a. Dans les prélèvements de — 1,20 m on assiste au remplacement des espèces saprophagiques typiques du sol (*Plectus*, *Rhabditis*, *Cephalobus*, *Acrobeles*, etc.) généralement courtes et trapues par de grandes espèces d'eau douce (*Gymnolaimus exilis* (Gobb 1893), Cobb 1913, *Monhystera* spp., *Chronogaster* sp.), les deux groupes d'espèces étant également représentés. Nous avons rencontré dans le prélèvement de — 1,20 m à 2 m du tronc quelques individus appartenant à *Dolichodorus profundus*, genre considéré comme phytoparasite. Au niveau de la nappe phréatique, on ne retrouve plus que de rares individus appartenant aux genres vivant en eau douce cités ci-dessus.

Les nématodes phytoparasites sont donc concentrés dans les couches superficielles du sol, à moins de 0,80 m de la surface, c'est-à-dire dans l'horizon renfermant la majorité des racines du cocotier.

Le cas de *Dolichodorus profundus* est intéressant, car jamais cette espèce n'a été rencontrée dans les prélèvements effectués près de la surface du sol.

Deux autres séries d'échantillons prélevés à 1 m du tronc de cocotier malade et à 1 m de profondeur, presque au niveau de la nappe phréatique à cet endroit (— 1,20 m), n'ont permis de retrouver *Dolichodorus profundus* que dans un seul cas et également en très faible quantité.

Cet examen de la répartition verticale montre qu'une image satisfaisante, sinon complète, du peuplement nématologique phytoparasite lié au cocotier peut être donnée par un échantillonnage effectué classiquement à 1,5 m du tronc et à 20 cm de profondeur. Toutes les observations qui vont être maintenant relatées s'adressent donc au peuplement de cette couche du sol.

Les nématodes libres

Par nématodes libres il faut entendre ici l'ensemble des nématodes terricoles non phytoparasites. Ces espèces sont, soit des microphages se nourrissant de bactéries, d'algues unicellulaires, etc., soit des prédateurs, espèces généralement plus grandes, capturant principalement d'autres nématodes, de petits animaux du sol, de grands ciliés, etc. La plus ou moins grande abondance du premier groupe dépendra de la quantité de matière en décomposition dans le sol et de l'humidité de ce dernier ; l'abondance du deuxième groupe dépendra directement de celle du premier donc en définitive des mêmes facteurs.

Les sols de la bande côtière du Togo sont relativement pauvres en humus et en matière en décomposition, de plus ils sont assez secs. On comprendra donc facilement que le nombre de nématodes libres rencontrés soit assez faible, même pour des sols tropicaux, dont la faune nématologique est moins abondante que celle des sols tempérés. En effet, en Côte d'Ivoire, des sols de bananeraie, humides et riches en humus, contiennent fréquemment de dix mille à quinze mille nématodes libres au litre de sol, des sols de forêt de sept mille à dix mille et des sols sableux, pauvres, cultivés en ananas, de trois mille à cinq mille.

Dans la bande côtière du Togo les chiffres sont les suivants pour les différents types de sol :

Végétation adventice nulle :

Terre de barre	2.497
Sol rose	1.546
Sable fin	601
Sable grossier	291

Ces sols se classent exactement de la même manière au point de vue de leur teneur en matière organique et de leur pouvoir de rétention d'eau. Cela confirme donc l'influence prépondérante de ces deux facteurs sur le peuplement en nématodes libres, l'humidité ayant peut-être l'influence la plus grande comme le prouvent les chiffres ci-dessous :

Sable fin, végétation adventice légère :

Sol normal	297
Bas-fond humide	2.527

L'influence de la végétation adventice, celle de la présence de cocotiers sont masquées, vraisemblablement, par le facteur humidité, mais il n'est pas exclu que la texture même du sol joue un certain rôle :

Sol rose, végétation adventice nulle	1.546
végétation adventice légère	1.488
végétation adventice abondante	2.290

Donc, sur ce type de sol, il semble qu'une végétation adventice abondante, probablement signe d'humidité plus grande à cet endroit, soit nécessaire pour que le nombre de nématodes libres soit plus élevé qu'aux endroits où le cocotier pousse sur un sol nu.

Sur sable fin, si l'on compare les deux chiffres donnés plus haut avec le nombre des nématodes rencontrés sous cocotier sans végétation adventice (601), on constate que la végétation adventice n'a aucune influence ; sur sable grossier, les chiffres sont de 291 sous cocotier sur sol nu, de 460 sous cocotier avec végétation légère, mais là aussi l'humidité plus grande en certains endroits peut favoriser à la fois, sur ce sol normalement très sec, la présence de plantes sauvages et l'augmentation du nombre de nématodes libres sans qu'il y ait corrélation directe entre ces deux effets.

C'est donc vraisembleblement la teneur du sol en eau qui conditionne la valeur du peuplement en nématodes libres.

Faune nématologique phytoparasite.

Les espèces rencontrées dans les couches superficielles du sol ont été les suivantes*, par ordre de fréquence décroissante :

Xiphinema n. sp. a	69 éch. (67 %)
Scutellonema bradys (Steiner et Le Hew, 1933), Andrassy, 1958	35 éch. (34 %)
Hemicycliophora pauciannulata Luc, 1958	20 éch. (19,4 %)
Paratylenchus sp.	15 éch. (14,5 %)
Helicotylenchus n. sp. (proche de *H. nannus* Steiner, 1945)	10 éch. (9,7 %)
Tylenchus sp.	9 éch. (8,7 %)
Meloidogyne incognita var. *acrita* Chitwood, 1949	8 éch. (7,7 %)
Aphelenchus avenae Bastian, 1865	5 éch. (4,8 %)
Criconemoides citri Steiner, 1949	5 éch. (4,8 %)
Pratylenchus brachyurus (Godfrey, 1929) Schuurmans-Stekhoven et Filipjev, 1941	4 éch. (3,8 %)
Pratylenchus sp.	4 éch. (3,8 %)
Aphelenchoides sp.	3 éch. (2,9 %)
Xiphinema setariae Luc, 1958	2 éch. (1,9 %)
Rotylenchulus reniformis Linford et Oliveira, 1940	2 éch. (1,9 %)
Xiphinema n. sp. b	1 éch. (0,9 %)
Criconemoides ornatum Raski, 1958	1 éch. (0,9 %)

Quinze échantillons ne contenaient aucune espèce parasite ; trente-trois n'en contenaient qu'une seule ; vingt-quatre, deux espèces ; vingt et un, trois espèces ; cinq, quatre espèces ; trois cinq espèces ; un, six espèces ; un, sept espèces. Le nombre d'espèces dans un échantillon varie d'ailleurs comme le nombre des nématodes parasites :

une espèce parasite,	nombre moyen	de parasites :	60
deux	—	—	: 175
trois	—	—	: 526
quatre, cinq, six, sept	—	—	: 987

* Rappelons que *Dolichodorus profundus* Luc, 1960 qui n'a été trouvé que dans deux échantillons prélevés en profondeur (-1 m et -1,20 m) est également considéré comme phytoparasite.

INFLUENCE DES DIFFÉRENTS FACTEURS SUR LA FAUNE NÉMATOLOGIQUE PHYTOPARASITAIRE TOTALE :

SOL : échantillon sans végétation adventice :

Terre de barre	552,	18,11 %	des nématodes totaux
Sol rose	31,	1,98 %	—
Sable fin	64,	9,69 %	—
Sable grossier	37,	11,43 %	—

Si, comme pour la faune nématologique non phytoparasite, le sol, le plus favorable reste la terre de barre, le sol qui se classe ensuite est ici le sable fin et le sol rose est à peu près équivalent au sable grossier. Cette différence de comportement entre nématodes phytoparasites et libres devient très nette si l'on considère le pourcentage de nématodes parasites dans la faune totale ; toutefois, le pourcentage élevé sur sable grossier provient de ce que 7,48 % de la population totale est représenté par une seule espèce, *Pratylenchus* sp., rencontrée très rarement sur les autres types de sol. Nous reviendrons sur ce point en traitant de cette espèce (Cf. p. 507).

INFLUENCE DE LA VÉGÉTATION ADVENTICE.

Sol rose	végétation adventice	nulle	31	100 %
—	—	légère	185	596,8 %
—	—	abondante	792	2554,8 %
Sable fin	—	nulle	64	100 %
—	—	légère	191	298,4 %
Sable grossier	—	nulle	37	100 %
—	—	légère	39	105,4 %

On voit l'influence positive de la végétation adventice sur le nombre de nématodes parasites. Cette influence est plus marquée si le sol n'est que moyennement favorable (comparaison entre sol rose et sable fin). Sur sable grossier, l'influence de la végétation adventice ne marque que très peu, pour la même raison que plus haut, car *Pratylenchus* sp., strictement inféodé au cocotier, n'a pas été retrouvé dans les échantillons avec végétation adventice.

INFLUENCE DE LA PRÉSENCE DU COCOTIER.

Sable fin, cocotier vivant :

Végétation adventice nulle	64
Végétation adventice légère	191

Sable fin, cocotier mort :

Végétation adventice légère ou abondante	117

D'après ces chiffres, il semblerait que les populations dépendant du cocotier et celles dépendant des plantes adventices s'additionnent en cas de présence des deux groupes de plantes aux mêmes endroits.

a) *Xiphinema* n. sp. a*

Cette grande espèce de *Dorylaimidae*, présente dans soixante-neuf des cent trois échantillons, a été rencontrée, au Togo, au voisinage des racines d'une dizaine de plantes dont le cocotier.

* C'est cette même espèce qui, dans deux articles précédents (LUC 1957, 1958), avait été identifiée à *Xiphinema campinense* LORDELLO, 1951. Les échantillons types de cette dernière espèce ne sont malheureusement pas consultables, mais du matériel de Floride envoyé par A. C. TARJAN et identifié comme *X. campinense* par LORDELLO, nous a montré suffisamment de différences avec l'espèce du Togo pour que celle-ci doive être considérée comme distincte et nouvelle. Elle sera redécrite ainsi que les autres espèces nouvelles citées dans cette étude dans un ou plusieurs articles ultérieurs.

Elle a été trouvée également en Côte d'Ivoire dans la rhizosphère de caféiers, de palmiers à huile, et de *Setaria megaphylla* Dur. et Schinzi ; sa polyphagie semble donc assez grande. Il s'agit d'un ectoparasite migrateur, les individus de cette espèce vivant dans le sol et ne venant piquer les racines que de temps en temps, pour se nourrir sans rester fixés ; de ce fait, il est très difficile de prouver leur parasitisme. Cette vie entièrement passée dans le sol rend compréhensible l'influence déterminante de la nature de celui-ci sur le nombre d'individus rencontrés.

(Echantillons sans végétation adventice)

Terre de barre	340	
Sol rose	36,	80 % des échantillons
Sable fin	51,	83 % —
Sable grossier	11,	27 % —

La polyphagie explique l'influence très grande de la végétation adventice :

(Echantillons sur sol rose)

Végétation adventice nulle	36
— légère	85
— abondante	202

Cette polyphagie explique également que la présence du cocotier soit largement contrebalancée par celle d'une végétation adventice se développant après disparition de celui-ci :

(Echantillons sur sable fin)

Cocotiers vivants,	végétation adventice	nulle	51
—	—	légère	55
Cocotiers morts	—	légère ou abondante	108

Cela est compréhensible car le cocotier n'est certainement pas, parmi les plantes poussant sur le sol côtier du Togo, le meilleur hôte pour *Xiphinema* n. sp. a ; le nombre moyen, en effet, de *Xiphinema* rencontrés sur sol rose et sable fin dans la rhizosphère du cocotier sur sol nu, et représentant donc les *Xiphinema* strictement inféodés au cocotier, est de quarante-sept. Or, dans la rhizosphère de différentes plantes poussant sur ces mêmes sols, on trouve les chiffres suivants :

Lochnera rosea Reichb.	35
Arachis hypogea L.	350
Urena lobata L.	230
Aristida adscencionis L.	210
Triumfetta rhomboidea Mast	365
Hyptis suaveolens Poit.	110
Calopogonium mucunoides Desv.	70
Rogeria adenophylla J. Gay	75

La plupart de ces plantes permettent donc un meilleur développement des populations de *Xiphinema* n. sp. a que le cocotier.

Ainsi, pour un même hôte, le cocotier, l'abondance de *Xiphinema* n. sp. a dépendra de la nature du sol ; la terre de barre permet un grand développement des populations, le sol rose et le sable fin un développement très moyen ; les sables grossiers sont, par conre, défavorables. Sur des sols moyens, c'est la nature du couvert végétal qui définit l'absence ou l'abondance de *Xiphinema* n. sp. a.

b) *Scutellonema bradys* (Steiner et Le Hew, 1933) Andrassy, 1958.

Cette espèce est un parasite assez répandu des ignames dans l'ouest africain, attaquant racines et tubercules et induisant une pourriture fusarienne sèche. Elle a été rencontrée également dans la rhizosphère d'ananas en Guinée, de maïs, de gombo (*Hibiscus esculentus* L.), de *Crotalaria anagyroides* H.B. et K, etc... en Côte d'Ivoire. Elle semble assez commune, mais le plus souvent en petit nombre, dans les sols de l'ouest africain.

Ce Tylenchida, représenté par des mâles et des femelles, est un endoparasite des racines, mais son abondance dans le sol, au voisinage du système radiculaire de certaines plantes, comparativement au petit nombre d'individus collectés dans les racines mêmes, conduit à penser qu'une

assez large fraction de son cycle doit se dérouler dans le sol et, par conséquent, explique sa sensibilité aux facteurs de ce dernier.

S. bradys a été rencontré dans quarante-sept échantillons sur cent vingt-et-un, soit 39 %, en y incluant les échantillons analysés en 1957 ; il n'était présent dans aucun des deux échantillons de terre de barre. Pour les autres types de sol, les chiffres sont les suivants :

Sol rose, végétation adventice nulle		100,	64 % des éch.
Sable fin	—	60,	38 % des éch.
Sable grossier	—	71,	14 % des éch.

La présence ou l'absence d'une végétation adventice a une influence nette sur la population de *S. bradys* :

Sol rose,	végétation adventice	nulle	100
	—	légère	100
—	—	abondante	198
Sable fin	—	nulle	60
—	—	légère ou abondante	84
Sable grossier	—	nulle	71
—	—	légère	98

On constate que moins le sol est favorable, plus l'influence de la végétation adventice est grande ; mais une objection est possible, c'est que les plantes adventices soient différentes sur les différents types de sol. Si l'on divise en deux lots les échantillons pris sur sol avec végétation légère ou abondante, suivant qu'ont été reconnues ou non des plantes cultivées hôtes (ici gombo, *Calopogonium mucunoides* Desv. et maïs), parmi les plantes adventices, on observe en effet les différences suivantes :

Dans le premier groupe (avec plantes cultivées hôtes), sur seize échantillons, quatorze contiennent *S. bradys* à une moyenne de 208 individus.

Dans le second groupe, sur douze échantillons, trois seulement contiennent *S. bradys* à une moyenne de quatre-vingt-huit individus.

Sur les huit échantillons de sol rose, sans végétation adventice, trois seulement contiennent *S. bradys* à une moyenne de 100.

Cette moyenne de quatre-vingt-huit diffère peu des moyennes observées sur sable fin et sable grossier avec végétation adventice (parmi laquelle n'ont pas été reconnues de plantes cultivées hôtes) lesquelles s'élèvent à quatre-vingt-quatre pour le sable fin et quatre-vingt-dix-huit pour le sable grossier.

Il semble donc que la présence d'une végétation adventice même légère, mais ne contenant pas de plantes cultivées hôtes, très favorables, suffise à réduire l'écart entre les trois types de sols, la différence n'étant marquée que dans les lieux où le parasitisme de *S. bradys* n'intéresse que le cocotier seul (échantillons sans végétation adventice) ; dans ce dernier cas, le sol rose se montre le plus favorable.

L'influence de la présence du cocotier est difficilement décelable par suite de la polyphagie de *S. bradys* :

Sable fin,	cocotiers vivants,	végétation adventice	nulle	60
—	—	—	légère à abondante	84
—	morts	—	abondante	53

Le cocotier est cependant hôte de *S. bradys* qui, à plusieurs reprises, a été extrait de ses racines mais toujours en faible quantité. Les plantes autres que le cocotier, dont les racines, soumises à l'asperseur de Seinhorst, ont laissé sortir des individus appartenant à *S. bradys*, sont : *Lochnera rosea*, *Triumfetta rhomboidea*, *Urena lobata*, *Hibiscus esculentus* et *Calopogonium mucunoides*. Ces cinq plantes peuvent donc être considérées comme des hôtes certains ; les plus grands nombres d'individus ont été extraits des racines de *Calopogonium* et de *Triumfetta*.

Au cours d'examen du sol provenant de la rhizosphère de diverses plantes adventices, les nombres suivants de *S. bradys* ont été notés :

Lochnera rosea	18
Urena lobata	30
Rogeria adenophylla	8
Triumfetta rhomboidea	245
Hyptis suaveolens	30
Calopogonium mucunoides	250

On peut donc conclure que pour *S. bradys* :

Il s'agit bien d'un parasite du cocotier, car il a été extrait à plusieurs reprises des racines et, d'autre part, il est présent dans vingt-trois sur soixante-huit (33 %) échantillons (en comptant ceux étudiés en 1957) sans végétation adventice.

La nature du sol intervient dans la fréquence et le nombre d'individus liés au cocotier, le sol rose étant plus favorable que le sable fin et surtout que le sable grossier ; la terre de barre semble défavorable, mais le nombre des échantillons est trop faible pour l'affirmer. Par contre, la présence d'une végétation adventice, même ne comportant aucune des plantes cultivées hôtes les meilleures, annule les différences entre les trois premiers types de sol.

La nature du couvert végétal adventice est le facteur primordial déterminant la présence et le nombre des individus ; la présence de certaines plantes hôtes sous cocotier double la population. Ces plantes hôtes sont d'ailleurs pour la plupart des végétaux cultivés introduits (gombo, maïs, *Calopogonium mucunoides*). Il est raisonnable de penser que *S. bradys* n'est pas une espèce typique des cocoteraies mais qu'il a été introduit en même temps que d'autres plantes cultivées et qu'il s'est adapté secondairement au cocotier, qui ne permet qu'un développement limité de population. Sa répartition en taches peut être due à un peuplement initial à partir de places cultivées en végétaux sensibles, *S. bradys* passant ensuite, en nombre plus limité, sur cocotier sans gagner beaucoup de terrain. Les zones cultivées étant uniquement sur sol rose, on explique ainsi la plus grande fréquence de *S. bradys* dans les échantillons provenant de ce type de sol que sur sable fin et sable grossier. Le relais à partir de ces zones cultivées peut également être pris par des plantes sauvages, telle *Triumfetta rhomboidea* qui permet un grand développement de population.

c) *Hemicycliophora pauciannulata* Luc, 1958

Ce *Criconematidae*, uniquement représenté par des femelles, n'est connu que de la zone côtière du Togo.

Les *Hemicycliophora*, comme les *Xiphinema*, sont, pour la plupart, des ectoparasites migrateurs, ne piquant que de place en place les racines de la plante-hôte et effectuant leur cycle entier dans le sol. Ils sont généralement tenus pour des espèces hygrophiles, certaines vivant même dans les terrains fangeux, voire les vases saumâtres.

H. pauciannulata peut être soupçonné de parasitisme envers le cocotier, puisqu'on le trouve dans treize des soixante-huit échantillons (19 %) sans aucune végétation adventice (en comptant ceux testés en 1957) ; mais le cocotier doit être un assez mauvais hôte, le nombre d'individus étant de sept au litre sur sable fin et de huit sur sable grossier. Dans les échantillons étudiés en 1957, toujours sur sol sans végétation adventice, le nombre d'individus était nettement plus grand : sur sol rose : vingt-trois, sur sable fin : quarante et un ; encore les chiffres réels doivent-ils être plus élevés, la technique employée alors (dite de Cobb) ne permettant de recueillir qu'un pourcentage de nématodes nettement plus faible que le passage du sol aux élutriateurs. Ces chiffres demeurent néanmoins peu élevés et, si le cocotier permet le maintien des populations de *H. pauciannulata*, celles-ci restent très peu importantes et sporadiques.

Il est vraisemble que le facteur primordial influant sur la présence et le nombre d'individus de cette espèce est l'humidité du sol. Les vingt échantillons positifs, sur les cent trois analysés en 1958, se répartissent en effet comme suit :

a	10 sur sol rose avec végétation abondante	295
	3 sur sable fin, végétation adventice légère ; bas-fond humide	390
b	1 sur sable fin avec une végétation nulle, sol sec	5
	1 sur sable fin (cocotier mort), végétation abondante	8
	1 sur sable grossier, végétation légère	5
	4 sur sable grossier, végétation nulle	8

On voit donc qu'il existe une très grande différence entre les deux groupes d'échantillons a et b. Le groupe a comprend les échantillons prélevés soit sur sol rose (bon pouvoir de rétention d'eau) avec une végétation adventice importante, soit dans un bas-fond humide sur sable fin ; le groupe b comprend les échantillons prélevés sur sol sec. Le petit nombre d'échantillons ne permet pas une certitude, mais il est raisonnable de penser que la nature du sol influe en partie par sa capacité de rétention d'eau qui est la plus forte pour le sol rose.

La nature du couvert végétal a également une certaine influence. Dans une série de dix échantillons pris à la même date dans la même région (Kaïncopé, sol rose) comprenant d'une part six échantillons prélevés sous cocotiers avec une sous-végétation cultivée variée (manioc, gombo, arachide, maïs) et d'autre part quatre sous cocotiers avec une végétation adventice sauvage, *H. pauciannulata* n'est présent que dans un seul des six premiers échantillons au taux de 20, alors qu'il est présent dans les quatre échantillons du deuxième lot au taux moyen de 650. De même, dans une autre série d'échantillons prise également sous cocotiers sur sol rose (Sewatchricopé), *H. pauciannulata* est présent dans cinq sur sept des échantillons avec une végétation abondante sauvage à un taux moyen de 76, alors qu'il n'y a aucun individu dans les échantillons pris sous mélange de *Calopogonium mucunoides* et *Digitaria* cf. *gangetica*.

Aussi cette espèce peut être caractérisée comme un parasite probable, mais mineur, du cocotier, avec une préférence marquée pour les sols roses, les zones humides et certaines plantes sauvages, parmi lesquelles *Urena lobata* et *Hyptis suaveolens* ont été déterminées.

Il est possible que ces deux facteurs soient en corrélation étroite, si les plantes hôtes sont également des plantes demandant une certaine humidité pour se développer. On ne retrouve pas *H. pauciannulata* sur sol cultivé ; il s'agit très probablement d'une espèce autochtone.

d) *Pratylenchus* sp.

Cette espèce a été rencontrée dans quinze échantillons seulement, toujours à un taux très faible (en moyenne 30).

Les *Pratylenchus* sont des ectoparasites sédentaires dont les femelles vivent fixées sur les racines par leur stylet assez développé. Les mâles et les juvéniles vivent libres dans le sol.

Sur les quinze échantillons dans lesquels cette espèce est présente, neuf (représentant 31 % des échantillons de ce type) proviennent de sable grossier sous cocotier avec une végétation adventice nulle, un avec végétation légère, deux avec végétation abondante.

On constate donc que *Pratylenchus* sp. est certainement lié au cocotier puisque présent principalement (12/15) dans des échantillons de sols où seul ce végétal est présent, et presque jamais rencontré dans les échantillons provenant de cocotiers morts non plus que lors d'examen de rhizosphère de plantes adventices. Et également que le sol le plus favorable est le sable grossier puisque neuf sur quinze, soit 60 % des échantillons, sont sur ce type de sol alors que les échantillons qui y furent prélevés ne représentent que 28 % du total.

Les sables grossiers étant ceux qui ont le pouvoir de rétention d'eau le plus faible, il est fort possible que l'humidité trop grande soit un facteur défavorisant la présence de cette espèce, qui aurait ainsi un comportement contraire à celui de *Hemicycliophora pauciannulata*. Et, en effet, il n'existe que trois échantillons où *H. pauciannulata* et *Pratylenchus* soient présents ensemble et il s'agit là d'échantillons où *H. pauciannulata* est en nombre très faible (8). Mais il est fort possible que la texture même du sol joue un certain rôle.

c) *Helicotylenchus* n.sp.* (proche de *H. nannus* Steiner, 1945)

Cette espèce est l'une des plus fréquemment rencontrées dans tous les types de sols de l'ouest africain. Elle semble vivre, suivant la nature de la plante hôte, tantôt en endoparasite, tantôt en semi-ectoparasite sédentaire. C'est une espèce polyphage, ubiquiste, à possibilités d'adaptation très grandes.

Cette espèce n'a été rencontrée que dans onze échantillons sur cent trois. Ces échantillons se décomposent comme suit :

Quatre font partie d'un lot de cinq échantillons pris à Kaïncopé (sol rose) sur des zones où du manioc est cultivé sous les cocotiers. La moyenne de *Helicotylenchus* n. sp. y est de 1700.

* Cette espèce sera décrite par le Dr S. A. Sher, de l'Université de Californie.

Deux proviennent de terre de barre, sans végétation adventice ; la moyenne y est de cent quatre vingt-dix.

Cinq enfin proviennent soit de sol rose avec végétation adventice abondante mais sans manioc, ou de sable fin avec végétation légère, ou de sable grossier sans végétation. La moyenne est dans ces échantillons vingt-cinq *Helicotylenchus* n.sp. au litre du sol.

Cette espèce est donc, sur les zones à cocotier du Togo, essentiellement liée au manioc ; en Côte d'Ivoire, elle est d'ailleurs fréquemment rencontrée en grande abondance dans la rhizosphère de cette plante.

Il n'est pas possible d'écarter entièrement l'hypothèse d'un parasitisme envers le cocotier, *Helicotylenchus* n.sp. pouvant être présent dans des sols où ne pousse aucun autre végétal et avec une certaine abondance sur terre de barre. On ne peut cependant la considérer comme un hôte normal de la cocoteraie. Parmi les plantes adventices examinées, elle n'a été rencontrée que dans la rhizosphère d'un seul des quatre exemplaires de *Lochnera rosea* à un taux de soixante au litre.

f) *Meloidogyne incognita* var. *acrita* Chitwood, 1949

Meloidogyne incognita acrita est une espèce répandue dans toutes les zones tempérées chaudes intertropicales et extrêmement commune dans les sols cultivés ou sauvages de l'ouest africain, où elle a été relevée sur près de cent cinquante plantes.

Elle n'est présente que dans huit des échantillons de sol de cocoteraie du Togo. Sur ces huit échantillons, six proviennent de sol rose avec végétation adventice légère ou abondante et la moyenne des juvéniles y est de 179 ; deux échantillons proviennent de sable grossier sans végétation adventice ; la moyenne des juvéniles dans ces derniers échantillons est de dix-sept seulement. Parmi les échantillons avec plantes adventices, un venait de cocoteraie avec sous-culture de gombo (385 juvéniles au litre), deux avec sous-culture de manioc (132 juvéniles en moyenne), trois avec une végétation adventice de plantes sauvages indéterminées (141 juvéniles en moyenne). Le gombo et le manioc sont des hôtes courants de *M. incognita acrita*, en Côte d'Ivoire notamment. Parmi les plantes sauvages examinées, seules *Hyptis suaveolens* et *Lochnera rosea* étaient attaquées.

M. incognita acrita n'est pas parasite du cocotier, les expériences d'infection menées à l'IDERT Adiopodoumé ayant été négatives.

(g *Aphelenchus avenae* Bastian, 1875

Cette espèce n'est présente que dans cinq échantillons, toujours en compagnie d'autres parasites. Elle ne s'attaquerait d'ailleurs qu'à des cellules déjà lésées et viendrait en somme en tête du cortège saprophagique.

h) *Criconemoides citri* Steiner, 1949 n'a été rencontré que dans cinq échantillons. Quatre de ceux-ci sont parmi les cinq échantillons pris à Kaïncopé dans une cocoteraie à sous-culture de manioc. *Criconemoides citri* a déjà été trouvé à Madagascar dans la rhizosphère du manioc. Le cinquième échantillon provenait de cocoteraie sur sol rose avec une végétation adventice légère. Le nombre des individus de *C. citri* sous manioc est de quatre-vingt-quatorze sous végétation sauvage de quatre-vingts.

i) *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Schuurmans — Stekhoven et Filipjev, 1941 et *Pratylenchus* sp. n'ont été rencontrés, toujours en mélange, que dans quatre échantillons provenant de sol de cocoteraie avec sous-culture de manioc. La moyenne totale des individus, pour les deux espèces, est de 174 au litre de sol. Ces deux espèces sont certainement en relation avec le manioc. *P. brachyurus* a été rencontré assez fréquemment en Côte d'Ivoire dans les racines de ce végétal ; c'est une espèce très polyphage extrêmement fréquente dans tout l'ouest africain. Des examens de racines de manioc provenant d'Akodessewa ont montré que *Pratylenchus* sp. était bien parasite de cette plante.

j) *Aphelenchoides* sp.

Cette espèce, différente de *A. cocophilus* Cobb, 1919, agent du red-ring du cocotier, n'est présente que dans trois échantillons et à un taux faible (cinquante en moyenne). Un seul de ces échantillons avait été prélevé sous cocotier sans végétation adventice.

k) *Xiphinema setariae* Luc, 1958 n'est présent que dans deux échantillons, sans végétation adventice, au taux de sept au litre ; elle a été également rencontrée dans la rhizosphère de *Lochnera rosea.* En Côte d'Ivoire cette espèce parasite *Setaria megaphylla.*

l) *Rotylenchulus reniformis* Linford et Oliveira, 1940 est présent dans les deux échantillons provenant de terre de barre et, dans ces deux seuls échantillons, au taux faible de dix et trente-cinq au litre. Les femelles de cette espèce vivant fixées sur les racines, ces chiffres ne concernent que les juvéniles, les mâles et les femelles immatures.

m) *Xiphinema* n.sp.b n'est présent que dans un seul échantillon, sur sable fin et sans végétation adventice, au taux de dix au litre.

n) *Criconemoides ornatum* Raski, 1958 a été rencontré dans la rhizosphère d'arachide, au taux de trente au litre. Cette espèce a déjà été trouvée dans les mêmes conditions aux Etats-Unis.

CONCLUSIONS

Une première conclusion, d'ordre pathologique, s'impose à la suite de ce travail, c'est que la maladie de Kaïncopé du cocotier n'est en relation avec aucune des espèces de nématodes phytoparasites rencontrées, sauf peut-être, mais bien improbablement, avec *Dolichodorus profundus.*

Les variations de la faune nématologique libre sont de deux ordres : en profondeur on assiste à un remplacement des espèces caractéristiques du sol par celles d'eau douce, seules représentées au niveau de la nappe phréatique. Les nématodes libres seront plus ou moins nombreux suivant le type de sol ; l'humidité étant vraisemblablement le facteur primordial, c'est le pouvoir de rétention d'eau plus ou moins grand du sol qui déterminera la valeur du peuplement ; l'humidité actuelle entre également en ligne de compte. Par contre, l'influence de la présence du cocotier et celle de la végétation adventice sont indécelables.

Parmi les dix-sept espèces de nématodes phytoparasites rencontrées, plusieurs groupes peuvent être définis :

a) Le premier comprend les espèces suivantes : *Xiphinema* n.sp.a, *Scutellonema bradys*, *Hemicycliophora pauciannulata* et *Paratylenchus* sp. Ces quatre espèces totalisent 59 % des individus parasites recensés, et leur fréquence cumulée atteint 73,9 % de la fréquence cumulée des nématodes phytoparasites. Il s'agit des hôtes normaux de la cocoteraie, mais la répartition et l'abondance de leurs populations sont sous l'influence de différents facteurs, variables suivant chaque espèce. Parmi ces quatre espèces, une seule semble vraiment caractéristique de la cocoteraie, c'est *Paratylenchus* sp. espèce xérophile préférant le sable grossier et les endroits dépourvus de végétation adventice, très bien adaptée aux conditions sévères de la vie dans ce type de sol, mais ne peuplant celui-ci que sporadiquement et faiblement. Les trois autres espèces sont plus répandues, mais leur préférence soit pour les plantes adventices sauvages (*Xiphinema* n.sp.a) ou cultivées (*S. bradys*) plutôt que pour le cocotier, soit pour les bas-fonds humides (*H. pauciannulata*), plutôt que pour les zones sèches, ne leur permet qu'un développement limité dans les zones de cocotier à sol sec et nu ; elles y subsistent malgré tout, surtout les deux premières, mais le cocotier fait figure d'hôte de remplacement ; ces quatre espèces, si elles vivent aux dépens des cocotiers, ne leur causent aucun dégât apparent : ce sont des parasites mais non des organismes pathogènes.

Nous ajouterons à ces quatre espèces *Dolichodorus profundus* qui, bien que trouvé en petit nombre, semble, par son biotope bien particulier, appartenir vraiment à la cocoteraie.

b) Un deuxième groupe comprendra trois espèces : *Xiphinema setaria*, *Rotylenchulus reniformis*, *Xiphinema* n.sp.b, toutes trois trouvées dans des sols, où ne poussent que des cocotiers, mais en nombre très faible et en quelques endroits seulement. Ce sont les hôtes rares de la cocoteraie. Une remarque doit avoir lieu cependant au sujet de *Rotylenchulus reniformis*, car cette espèce n'a été rencontrée que sur terre de barre et représente peut-être un hôte normal de ce type de sol.

c) Un troisième groupe comprend les espèces suivantes : *Helicotylenchus* n.sp., *Meloidogyne incognita acrita*, *Criconemoides citri*, *Criconemoides ornatum*, *Pratylenchus brachyurus* et *Pratylenchus* sp. ; ces espèces sont liées, non au cocotier, mais aux plantes poussant en dessous et sont, le plus généralement d'ailleurs, en relation avec des plantes cultivées.

d) Enfin, un quatrième groupe comprend *Aphelenchus avenae*, *Tylenchus* sp. et *Aphelenchoides*, sp. espèces dont le parasitisme, même envers les végétaux, n'est pas certain et qui pourraient fort bien être des saprophages.

Une esquisse générale du peuplement phytoparasite peut être tentée à partir des données précédemment relatées :

Xiphinema n.sp.a peut être considérée comme l'espèce fondamentale de ce peuplement ; elle est répandue dans la majorité des places, où pousse le cocotier, qui permet un développement moyen de ses populations. La fréquence et la valeur de la population directement en relation avec le cocotier varie avec le type de sol, la préférence de *Xiphinema* n.sp.a allant à la terre de barre, puis au sable fin, ensuite au sol rose, enfin au sable grossier.

Mais ce phénomène est souvent masqué par la présence de plantes diverses sous les cocotiers ; *Xiphinema* n.sp.a, extrêmement polyphage, vit en effet aux dépens de nombreux autres végétaux, le plus souvent sauvages, dont bon nombre sont pour lui de meilleurs hôtes que le cocotier; aussi, là où une végétation adventice du cocotier s'est développée, rencontre-t-on des populations plus fortes.

Sur certaines zones, restreintes, *Scutellonema bradys* se superpose à *Xiphinema* n.sp.a ; il est également parasite du cocotier, mais ce végétal est encore un moins bon hôte pour lui que pour *Xiphinema* n.sp.a, aussi la présence de plantes diverses sous cocotier accroît-t-elle considérablement la population ; sa préférence certaine pour les plantes cultivées (gombo, maïs, etc...) laisse supposer qu'il s'agit là d'une espèce introduite et secondairement adaptée au cocotier ; dans le cas de population en relation avec ce seul végétal, le facteur sol est important, la classification restant la même que pour *Xiphinema* n.sp.a ; toutefois, *S. bradys* n'a pas été rencontrée sur terre de barre.

De place en place, sur sol rose principalement ou dans les bas-fonds humides, se rencontre *H. pauciannulata*, espèce autochtone, ne parasitant pas les plantes cultivées, mais de rares végétaux sauvages, le cocotier lui-même étant un hôte de mauvaise qualité.

Toutes ces espèces vivent dans les premiers cinquante centimètres de la couche du sol ; en profondeur, au voisinage de la nappe phréatique, existent de très faibles populations de *Dolichodorus profundus*, grande espèce hygrophile vraisemblablement parasite du cocotier.

Sur sable grossier, on rencontrera très sporadiquement de petites populations d'une espèce xérophile, parasite du cocotier, *Paratylenchus* sp.

La mise en culture de certaines portions du sol sous les cocotiers amènera, outre un grand développement de population de *Scutellonema bradys* et une probable disparition de *Hemicycliophora pauciannulata*, la présence d'espèces plus directement liées aux plantes cultivées : *Helicotylenchus* n.sp., *Pratylenchus brachyurus*, *Pratylenchus* sp., *Criconemoides citri*, *C. ornatum*, *Meloidogyne incognita acrita* ; certains de ces nématodes peuvent probablement subsister sur les plantes sauvages après disparition de la culture.

On constate donc que les deux facteurs primordiaux influant sur le peuplement nématologique phytoparasite sont d'une part la nature du couvert végétal, ce qui n'est que très logique, et, d'autre part la nature même du sol, les différentes espèces phytoparasites ayant des exigences différentes à ce sujet, exigences vraisemblablement liées au pouvoir de rétention d'eau de ces sols sans qu'on puisse cependant négliger une influence de leur texture même.

BIBLIOGRAPHIE

BACHY (A.), HOESTRA (H.) (1958). — Contribution à l'étude de la « maladie de Kaïncopé » du cocotier au Togo. *Oléagineux*, **13**, 721-725.

HEWITT (W. B.), RASKI (D. J.), GOHEEN (A. C.) (1958). — Nematode vector of soil-borne fanleaf virus of grapevines. *Phytopathology*, **48**, 586-595.

HOESTRA (H.) (1959). — La maladie de Kaïncopé. IRHO, Rap. Circ. limitée, 36 + 31 pp. ronéot., 1 carte.

LAMOUROUX (M.) (1958). — Les sols de la bande côtière du Sud-Togo en relation avec la maladie de Kaïncopé. *Bull. IRTO*, nº **10**, 50 pp. ronéot.

LUC (M.) (1957). — Nématodes et « Maladie de Kaïncopé » du cocotier. *Oléagineux*, **12**, 691-693.

LUC, (M.) (1958). — *Xiphinema* de l'Ouest Africain : description de cinq nouvelles espèces (Nematoda ; Dorylaimidae). *Nematologica*, **3**, 57-72.

Travail du laboratoire de Nématologie de l'IDERT,
Abidjan (Côte d'Ivoire) et du laboratoire de Phytopathologie du Togo.

RÉSUMÉ. — *Cet article rend compte des observations effectuées sur le peuplement nématologique phytoparasite de cent quarante échantillons de sol provenant des cocoteraies du Togo, où sévit la « maladie de Kaincopé ». Les résultats obtenus sont les suivants :*

La maladie de Kaincopé n'est en relation avec aucune espèce ou groupe d'espèces de nématodes ; la répartition de ceux-ci ne correspond pas en effet aux zones de cocotiers malades, mais obéit à d'autres facteurs qui n'ont aucun rôle dans cette maladie.

En profondeur les nématodes phytoparasites ne sont représentés que jusqu'à 50-60 *cm de la surface du sol, zone où se situe la majorité des racines du cocotier. Une seule espèce,* Dolichodorus profundus, *a été rencontrée dans les zones plus profondes, et uniquement dans celles-ci, au voisinage de la nappe phréatique.*

La répartition horizontale des nématodes est sous l'influence de plusieurs facteurs : présence ou absence du cocotier, présence et nature de différentes plantes adventices ou de cultures diverses sous cocotier, nature du sol, ce dernier intervenant vraisemblablement par son pouvoir de rétention d'eau. Parmi les dix-sept espèces phytoparasites rencontrées, celles liées au cocotier auront donc une répartition différente suivant qu'elles présenteront, par exemple :

*Un large éventail d'hôtes et une préférence marquée pour les sols roses ou les sables fins, sols à cocotiers les plus répandus (*Xiphinema n. *sp. a).*

*Un parasitisme exclusif envers le cocotier et une préférence marquée pour les sols sableux grossiers, plus rares (*Pratylenchus *sp.).*

*Une préférence pour les zones humides et les plantes sauvages (*Hemicycliophora paucannulata).

Une préférence pour les plantes cultivées (Scutelloneina bradys).

Un deuxième groupe d'espèces est strictement lié aux plantes cultivées sous les cocotiers, et principalement au manioc : Criconemoides citri, Pratylenchus brachyurus, *etc...*

En conclusion les auteurs ont tenté de donner une vue synthétique du peuplement nématologique phytoparasite de ce biotope particulier.

SUMMARY. — *The authors expose information obtained from the survey of plant-parasitic nematode population living in* 140 *soil samples collected in Togoland coconut palmgroves suffering from « Kaincopé disease » (or « St Paul's wilt »). Subsequent observations are given hereafter :*

Nematode species or group of species are not responsible for the presence of Kaincopé disease, their distribution, in the palmgroves soil, being different to that of the diseased patches, and moreover governed by factors having no influence whatsoeve on such disease.

Depth survey shows that plant-parasitic nematodes have not been found lower down than 50-60 *cm from the surface, area in which most oh the palm roots are located.* Dolichodorus profundus *was the only species recorded at greater depth, near to the water table, but nowhere else.*

Horizontal distribution of nematodes is governed by several factors, i.e. : presence or absence of coconut palms, presence ant type of adventive plants or of near by grown crops, nature of soil. The latter's influence being most probably assessed by its water retaining potential. Thus, among the 17 plant-parasitic species investigated, those associated to coconut palms will show a different distribution whenever :

*Range of hosts plants available is important and the species shows a preference for pink soils or fine sand, latter soils being the most commonly encountered (*Xiphinema *n. sp.a)*

*The species is exclusively parasitic to coconut -- palms and thrives in coarser sandy soil (*Pratylenchus *sp.)*

The species marks a preference for damp low land and wild plants (Hemicycliophora pauciannulata)

The species shows marked tendancy for cultivated crops (Scutellonema bradys).

There exists another group of species entirely associated to plants grown on coconutpalm groves soil and more so to cassava. i.e. : Criconemoides citri, Pratylenchus brachyurus, *a. s. o.*

In the last part, the authors are attempting to give a synthetic view of the plant-parasitic nematode population of this uncommon biotope.

RESUMEN. — *Relatanse aqui unas observaciones efectuadas sobre la población nematológica fitoparasita de 140 muestras de suelo de plantaciones de cocoteros de Togo atacados por la « enfermedad de Kaincopé ». Los resultados son los siguientes :*

La enfermedad de Kaincopé no es provocada por ninguna especie o grupo de especies de nematodos cuya distribución no corresponde con las zonas de cocoteros enfermos, sino que obedece a otros factores que no desempeñan ningún papel en esta enfermedad.

— Los nematodos fitoparasitas sólo se encuentran hasta una profundidad de 50-60 cm, zona del suelo donde se encuentran la mayor parte de las raíces del cocotero. Una sola especie, Dolichodorus profundus *ha sido hallada en las zonas más profundas, y únicamente en estas zonas, cerca de la capa freática.*

— La distribución horizontal de los nematodos es determinada por varios factores : presencia o absencia del cocotero, presencia y natura de diferentes plantas adventicias o de varios cultivos bajo cocotero, naturaleza del suelo, el último desempeñando un papel por su poder de retención del agua. Entre las 17 especies fitoparasitas encontradas, las que tienen relación con el cocotero se hallarán distribuidas diferentemente según presentarán, por ejemplo :

*— una gran variedad de huéspedes y una preferencia marcada por los suelos róseos o de arenas finas que son los donde se hallan más frecuentemente los cocoteros (*Xiphinema *n.sp.a).*

*— un parasitismo exclusivo para con el cocotero y una preferencia marcada por los suelos de arenas gruesas, más raros (*Pratylenchus *sp.)*

*— una preferencia marcada por las zonas húmedas y las plantas silvestres (*Hemycicliophora pauciannulata*).*

*— una preferencia por las plantas cultivadas (*Scutellonema bradys*).*

Un segundo grupo de especies está estrictamente ligado con las plantas cultivadas bajo los cocoteros, y especialmente con la mandioca : Criconemoides citri, Pratylenchus brachyurus, *etc.*

En conclusión los autores trataron de dar una vista sintética de la población nematológica fitoparasita de este biotopo especial.



ÉTUDE ANATOMIQUE DE GALLES OBSERVÉES SUR LES FEUILLES DE CANNE A SUCRE DANS LE NORD-OUEST DE MADAGASCAR *

Par

H. RABÉCHAULT

Chargé de Recherches à l'ORSTOM

H. L. LYON (6) a décrit pour la première fois, à Fidji en 1910, une maladie endémique de la canne à sucre caractérisée par un rabougrissement de la tige et la présence de galles allongées à la face inférieure des feuilles. En 1915, le même auteur (7) indiquait que la maladie existait également en Nouvelle-Guinée. Par la suite, l'affection fut reconnue en Australie et aux Philippines (3). En 1954, sa présence était constatée à Madagascar, dans les régions côtières de l'Est, et les services locaux intéressés prirent des mesures propres à éviter son extension aux plantations importantes de la côte Ouest de l'île.

En novembre 1959, sur quelques plants de Nossi-Bé et de la côte ouest un entomologiste familiarisé avec la maladie de Fidji et un phytopathologiste en mission dans ces régions, observèrent des symptômes rappelant ceux de la redoutable virose, ce qui provoqua une très vive émotion. Pour certains, il s'agissait bien de la maladie de Fidji ; pour d'autres, et notamment pour M. R. ANTOINE (1) phytopathologiste du « Mauritius Sugar Industry Research Institut » et l'Inspecteur Général BOURIQUET, Chef de Service de Défense des Cultures de l'ORSTOM, qui effectuèrent un voyage dans ces régions de l'Ouest en février 1960, l'identité des deux cas ne leur apparut pas. En effet, indépendamment de caractères extérieurs différents, les premiers examens microscopiques de ces galles montrèrent certaines oppositions entre la maladie de Fidji et le cas nouveau que M. ANTOINE désigna sous le nom de *Pseudo-Fidji*.

La présente étude nous a été demandée par l'Inspecteur Général BOURIQUET que nous remercions de sa confiance ; elle porte sur du matériel qu'il a recueilli lui-même, sur place, au cours de sa mission.

Nous remercions également M. J. MAISTRE, Directeur de Laboratoire de l'ORSTOM, Chef du service de Phytotechnie au C.T.A.T. de nous avoir autorisé à effectuer cette étude, et Mesdemoiselles C. DEFRESNE et J. DURAND, respectivement assistantes aux services de Défense des Cultures et de Phytotechnie du Centre Technique d'Agriculture Tropicale, pour leur collaboration technique.

RAPPEL SUR LES PRINCIPAUX SYMPTÔMES DE LA MALADIE DE FIDJI

La maladie de Fidji est une maladie à virus, qui provoque le rabougrissement des plantes et une diminution considérable du rendement.

Le bourgeon terminal et les feuilles du sommet des tiges meurent, obligeant la plante à une production de rejets aux feuilles anormalement vert foncé. Les feuilles sont en général crispées et distordues. Si l'on examine celles-ci d'un peu plus près, on remarque que leur face inférieure présente de nombreuses élévations allongées le long des nervures. Ces élévations baptisées « galles » constituent, d'après LYON (8), le caractère symptomatologique principal de la maladie. Les autres symptômes : nanisme, rabougrissement, coloration anormale, distorsion et crispation des feuilles, ne

* Manuscrit reçu pour publication, le 16 juin 1960.

seraient que des caractères secondaires. La maladie est transmissible par des insectes du genre *Parkinsiella.*

LYON (8) puis KUNKEL (4) ont étudié la structure des galles observées à la face inférieure des feuilles. Le premier a remarqué une multiplication excessive des cellules du phloème, surtout, dit-il, «celles qui sont situées au voisinage du tissu vasculaire (bois)». Cette prolifération est associée à une dénaturation des sclérites, qui constituent la masse du xylème. Ceux-ci sont hypertrophiés mais le tissu spécifiquement pathologique est constitué, selon cet auteur, par une masse de pseudo parenchyme intérieure car, dans chacune des cellules de ce tissu, on reconnaît un corps étranger qui serait, pense-t-il, l'agent causal de la maladie et dont nous reparlerons.

Une galle comprend donc : au centre un tissu désorganisé d'origine libérienne qui renferme encore quelques éléments intacts, entouré par une couronne de sclérites hypertrophiés, le tout limité à l'extérieur par des cellules aplaties sous la pression des tissus pathologiques. Une partie du faisceau libéro-ligneux, située vers la face supérieure de la feuille, peut demeurer saine de sorte que l'anneau de sclérites déformés est interrompu à cet endroit par les tissus normaux et prend alors la forme d'un U.

KUNKEL (4, p. 102) a pu discerner chez de vieilles galles entre le pseudo-parenchyme mou intérieur et le tissu lignifié à parois épaisses extérieur, un troisième tissu à cellules à parois fines non infecté.

R. ANTOINE (1) présente la photographie d'une galle, où tous les tissus semblent dénaturés et qui a, de ce fait, une structure sub-concentrique.

Pour KUNKEL (4) et ROGER (10), la lignification et la déformation de l'anneau sclérifié serait la conséquence de l'infection du phloème. Cependant, KUNKEL pense que ces tissus lignifiés proviendraient de ceux qui donnent naissance habituellement à la gaine qui entoure le faisceau libéro-ligneux normal dont les parois prennent une disposition radiale tout en s'épaississant et en se lignifiant. Le tissu ligneux pour lui est un tissu de défense qui vient entourer le phloème infecté.

ROGER (10) partage cette opinion, mais, pour lui, cet anneau ligneux serait au départ un anneau constitué par les cellules du parenchyme foliaire entourant le faisceau libéro-ligneux normal, dont les cellules se lignifieraient ensuite en commençant par la partie située vers la face inférieure du limbe.

Enfin, la maladie de Fidji se comporte comme une maladie à virus, du fait de sa transmission par un insecte et la généralisation des symptômes à tous les organes de la plante, lorsque l'agent causal est en place.

Le fait, que l'on rencontre très fréquemment des corpuscules arrondis (foreign bodies) dans les cellules des tissus déformés, incita LYON à penser qu'ils représentaient cet agent pathologique. Il entreprit alors de montrer que ces corps étaient des organismes vivants. Il leur reconnut tout d'abord, à certains moments de leur évolution, un aspect de plasmode. Mais comme il ne lui était pas possible de les classer dans aucun groupe de micro-organismes connus, il en fit un genre nouveau auquel il a attribué le nom de *Northiella sacchari.*

KUNKEL (4), qui reprit les travaux de LYON avec plus de minutie, ne parvient pas non plus à trancher cette question. Il observa l'apparition de ces corps étrangers, dans des cellules voisines du méristème apical et près des régions de croissance et de différenciation appartenant en général au procambium mais jamais dans les méristèmes eux-mêmes. Le fait que ces corps soient toujours présents dès les premiers stades dans le phloème lui permit de supposer tout d'abord que l'agent pathologique se déplaçait par l'intermédiaire des vaisseaux. De plus, cette présence étant toujours liée au développement et à la multiplication exagérés et désordonnés des cellules de ce tissu et des tissus situés dans son voisinage immédiat en particulier du xylème, il en conclut que la maladie de Fidji était **une maladie du phloème.** Ici, il prolifère, dégénère ou se «dédifférencie», alors que chez d'autres maladies, en particulier maladies à virus de la pomme de terre, de l'hévéa, du café..., le phloème se nécrose et se détruit.

KUNKEL (4) a tenté à son tour l'identification des «foreign bodies» de la maladie de Fidji, s'il n'est pas arrivé et pour cause à une meilleure conclusion que son prédécesseur, nous lui sommes redevables tout au moins d'excellentes observations dans ce domaine.

Nous résumerons brièvement celles-ci : on peut observer les « corps » au début de la maladie dans les vacuoles de cellules jeunes cependant, lorsqu'ils remplissent exactement celles-ci, leur détection est rendue plus difficile. Ils viennent très fréquemment au contact du noyau de la cellule

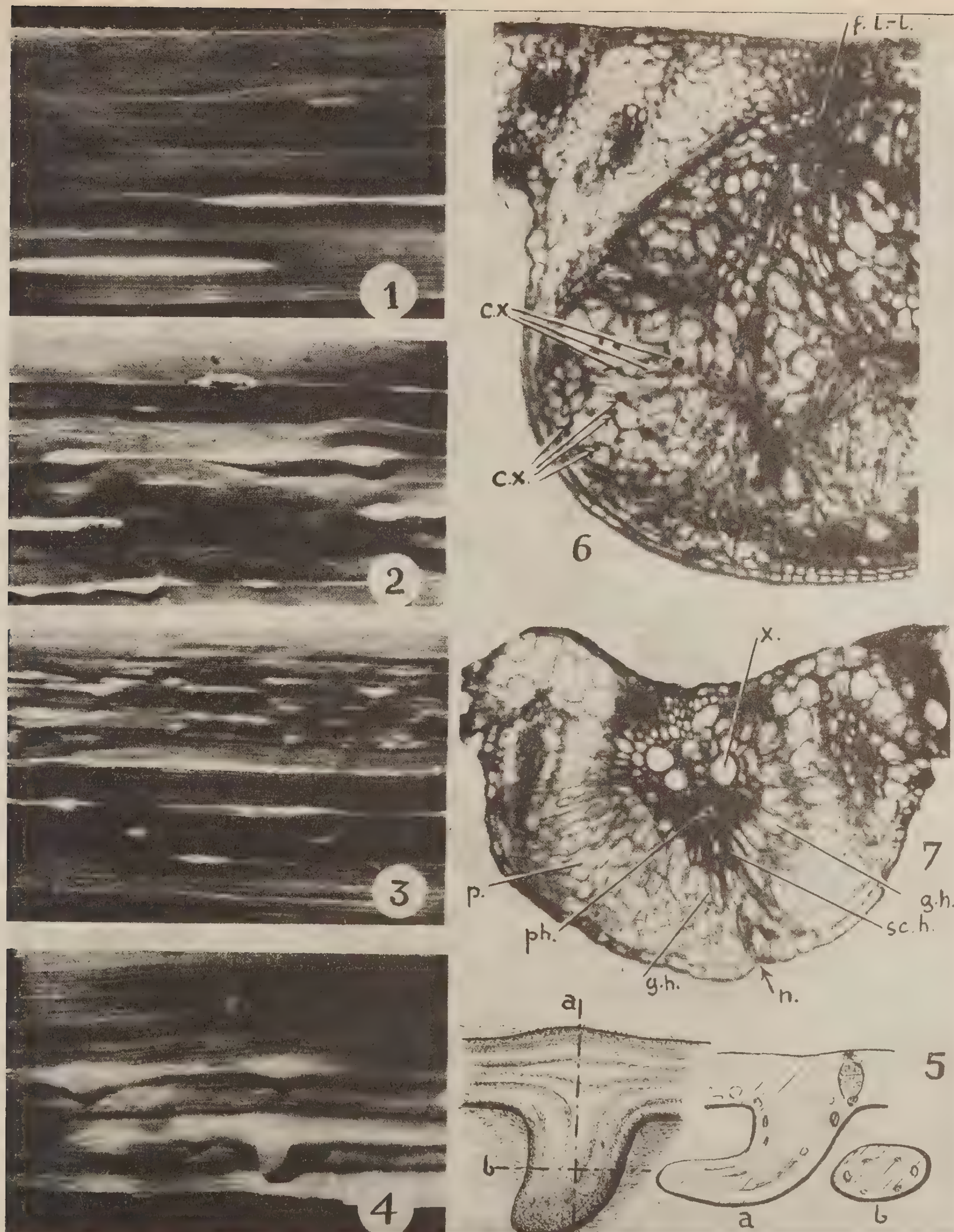


PLANCHE I

Fig. 1) Photographie de la face inférieure d'une feuille de canne à sucre var. B 37-172 atteinte par la maladie de Fidji (côte Est de Madagascar) montrant les galles claires très allongées ; Fig. 2) Photographie des galles de la face inférieure d'une feuille de la var. B 134-32 (même région), atteinte par la même maladie ; Fig. 3) Photographie de la face inférieure d'une feuille de canne à sucre de la var. B 37-172 atteinte par la pseudo-Fidji (côte Ouest de Madagascar), galles petites parfois en chapelet, comparer avec les fig. 1 et 2 ; Fig. 4) Portion grossie de la fig. précédente montrant une galle avec un prolongement en forme de languette recourbée ; Fig. 5) Languette de la fig. 4, grossie avec le schéma des sections longitudinales et transversales montrant l'organisation structurale de cette galle ; Fig. 6) Microphotographie d'une partie de la section transversale effectuée dans une galle provoquée par la maladie de Fidji et montrant la présence de « corps x » *c. x.* dans les cellules : *f. l.-l.* faisceau libero-ligneux ; Fig. 7) Microphotographie d'une section similaire effectuée dans une galle provoquée par la maladie dite « pseudo-Fidji » : absence de « corps x », ***g. h.*** gaine hypertrophiée, *sc. h.* fibres ligneuses transformées en sclérites radiaux, *ph.* phlœme ; *x.* xylème ; *n.* nécrose.

Grossissements : Fig. : 1 à 3, × 3 ; 4, × 5 ; 5, × 15 ; 6 et 7 × 100.

infectée mais n'entrent jamais en contact avec lui. Leur diamètre est extrêmement variable (5 à 35 μ) c'est dire qu'ils sont parfois plus petits que le noyau de la cellule, mais le plus souvent bien plus volumineux. En général, on n'en observe qu'un par cellule mais il n'est pas rare d'en rencontrer deux ou trois. LYON a cru apercevoir quelque fois leur noyau, mais presque toujours ils ont un aspect granulaire et présentent parfois, comme le cytoplasme de la cellule, des vacuoles.

C'est KUNKEL, qui remarqua que ces corps étaient comme les organismes vivants, doués du pouvoir de se multiplier et ceci comme certains microorganismes par scissiparité. Ils s'approchent alors du noyau de la cellule puis se séparent en deux par étranglement dans un plan passant par le petit axe de la cellule.

Le fait que ces corps soient doués du pouvoir de se diviser et qu'ils paraissent doués de croissance, joint à certains caractères morphologiques, comme la présence parfois sur leur pourtour de proeminences analogues aux pseudopodes, fit penser à cet auteur qu'il s'agissait peur-être d'une amibe, mais il ne put se prononcer définitivement sur ce point.

Entre temps F.P. MAC WHORTER (cf. KUNKEL, loc. cit.) annonça qu'il était parvenu à faire germer ces corps étrangers et il pensait que les amibes apparues dans ses cultures étaient à l'origine de ces germinations. On sait aujourd'hui qu'il n'en est rien, et que ces corps se rencontrent aussi chez d'autres maladies à virus. Ils sont de nature protéique et sont en corrélation avec la présence du virus.

Jusqu'à présent, il était admis qu'il n'existait qu'une seule maladie de Fidji, caractérisée par la présence de galles à la face inférieure des feuilles et par un rabougrissement des tiges. Les symptômes, qui viennent d'apparaître sur les cannes à sucre de la côte ouest de Madagascar, semblent légèrement différents. Ainsi, on n'a pas observé jusqu'alors de rabougrissement caractéristique des tiges et, de plus, les galles ont une forme légèrement différente. Certains se refusent cependant de conclure à l'existence d'une nouvelle forme de maladie. Monsieur le Professeur ROGER (10), notamment, fait remarquer, que les caractères morphologiques distinctifs ne sont pas constants et que, dans les premiers stades du développement, il est pratiquement impossible de reconnaître si l'on est en présence d'une ou de deux maladies. De là, on peut penser que si la pseudo-Fidji est caractérisée par des galles isolées et plus petites que la véritable Fidji, c'est qu'en réalité les premières ne sont que des stades juvéniles de cette dernière.

D'autres preuves ont été recherchées par R. ANTOINE (1), phytopathologiste au « Mauritius Sugar Industry Research Institut », dans les caractères structuraux des deux sortes de galles. Les conclusions non publiées de cet auteur tendent à confirmer l'hypothèse de l'existence d'une nouvelle maladie. Cependant ses observations sommaires basées sur l'examen comparatif des deux sortes de galles, supposées être respectivement à leur état adulte, ne peuvent constituer une preuve formelle.

M. BARAT, M. le Professeur ROGER et M. l'Inspecteur Général BOURIQUET ont préconisé à juste titre d'appuyer les observations dans ce domaine sur l'ontogénie des modifications structurales des galles ; le présent travail tend à répondre à ce vœu.

Matériel et méthodes.

Un premier examen effectué, en décembre 1959, sur des échantillons, qui nous furent transmis par M. BARAT, nous avait permis de constater que les galles des échantillons prélevés sur les cannes de la côte Est, où sévit la véritable maladie de Fidji, n'avaient pas la même structure que celles qui viennent d'apparaître sur les cannes de la côte Ouest de Madagascar.

Malheureusement, ces échantillons n'ayant pas été prélevés sur la même variété, les différences observées pouvaient être attribuées en partie à deux réactions variétales distinctes vis-à-vis d'un même virus.

Les observations, qui font l'objet de la présente communication, ont été effectuées sur des échantillons de tiges et de feuilles de cannes à sucre de la variété B 37-172 (B=Barbade) prélevés sur la côte Est et sur la côte Ouest, et de la variété B 134-32 également prélevés dans ces deux régions. Ces échantillons ont été fixés sur place par M. l'Inspecteur Général BOURIQUET, en vue de leur examen cytologique et histologique.

Les sections ont été effectuées transversalement au grand axe des galles. Celles destinées à

l'histologie étaient traitées par l'hypochlorite de sodium, pour débarasser leurs cellules de leur contenu, lavées à plusieurs reprises, colorées par le rouge de ruthénium et le bleu de méthylène, puis montées à la glycérine.

Les coupes destinées à l'étude cytologique étaient plongées pendant quarante-huit heures dans une solution aqueuse d'alun de fer et d'amonium à 1%, lavées, puis colorées soit par l'hématoxyline formule de Heidenhain, soit par l'hématoxyline formule de Delafield. Les laques formées étaient éclaircies et regressées dans une solution d'alun de fer et d'ammonium à 0,2 %. Les coupes étaient enfin montées au baume du Canada après deshydratations.

Morphologie comparée des galles.

Les galles de la maladie de Fidji (Planche 1, fig. 1 et 2) sont très allongées (jusqu'à 5 cm et plus) et atteignent 1,5 à 2 mm de diamètre. Elles sont de couleur verte ou jaune très pâle, le plus souvent blanchâtres, translucides. Notons qu'elles ne se forment jamais sur les tissus du limbe, mais toujours sur le trajet des nervures et qu'elles ne modifient pas le trajet de ces dernières. Lorsqu'elles sont jeunes, elles sont fusiformes, puis elles se rejoignent bout à bout pour n'en former qu'une seule, longue de un à plusieurs centimètres.

Chez la pseudo-Fidji (Planche 1, fig.3) au contraire, les élévations « galles » atteignent rarement un centimètre de longueur, elles sont beaucoup plus petites (souvent 1 à 2 mm de long.) et plus rarement confluentes.

Lorsqu'elles sont nombreuses le long des nervures, elles forment alors des chapelets plus ou moins réguliers. Elles sont situées sur le trajet des nervures, qu'elles distordent car elles débordent souvent sur les tissus du limbe. Un autre caractère distinctif important réside en ce que le développement peut s'effectuer dans un sens perpendiculaire à la surface du limbe formant ainsi des élévations coniques souvent aplaties puis recourbées latéralement en languette (Pl.1, fig. 4 et 7), caractère qui rappelle d'autres déformations « enations » observées chez d'autres maladies à virus et notamment chez le tabac et chez la tomate (LIMASSET 5).

Anatomie comparée des galles.

L'examen des sections transversales pratiquées dans les galles, a révélé les faits suivants :

Galles de la maladie de Fidji (Planche I, fig. 6 et Planche IV).

L'ensemble de la galle présente une hypertrophie et une désorganisation du faisceau libéro-ligneux central de la nervure.

La section transversale de la galle est ovale ou arrondie ; les deux formes se rencontrent chez une même variété. On distingue à la partie supérieure le reste du faisceau libéro-ligneux non transformé (f. l.-l.) (protoxylème, xylème, et une partie du phloème). La masse de la galle est constituée par un foisonnement de petites cellules polygonales d'origine libérienne (p.ph.), entouré par un ensemble d'éléments très volumineux à parois striées (hypertrophiées (sc. h.). Selon l'importance de l'un ou l'autre de ces deux tissus les galles sont scléreuses (Pl. IV, fig. 1) ou libéro-scléreuses (Pl. IV, fig. 2) ou de nature libérienne (pseudo-parenchymateuses).

Les sclérites sont parfois rayonnants, polygonaux irréguliers (Pl. IV, fig. 2) ou bien lorsqu'ils sont très allongés tout en conservant une disposition radiale, ils sont plus ou moins sinueux (Pl. IV, fig.1). Le tissu d'origine libérienne (p. ph.) qui occupe en général le centre de la galle est constitué de petites cellules polygonales un peu plus grandes que les cellules du phloème (Pl. IV fig. 2 p. ph.).

Galle de la pseudo-Fidji (Planche I, fig. 7 et Planche IV, fig 4),

Ces galles ne comportent pas de modifications du phloème (ph.), très rarement du xylème (sc.h.) mais très fréquemment c'est la gaine scléreuse (g.), entourant le faisceau libéro-ligneux principal, qui est atteinte. Les cellules en sont très hypertrophiées bien que les parois cellulaires n'ont sensiblement pas diminué d'épaisseur.

La masse de la galle est constituée surtout par une hypertrophie, du mesophylle ou parenchyme foliaire, entourant le faisceau libéro-ligneux (p.) (Pl. IV, fig. 4 et Pl. I fig. 7) Dans le cas, où la galle présente un prolongement en forme de cône ou de bonnet phrygien, sa masse est presque toujours essentiellement constituée par ce parenchyme hypertrophié (p.h.) (Pl. III, fig. 4 et 5), inervé par de petits faisceaux libéro-ligneux du limbe foliaire, de structure normale, écartés par le développement de celui-ci.

Dans ce cas, le faisceau libéro-ligneux principal (f.l.-l.) est rarement atteint, il est rejeté sur le côté par la masse du parenchyme constituant l'excroissance.

Ontogénèse des galles.

Il est bien difficile par le seul examen de supposer l'origine des divers tissus des galles, tant ils sont dénaturés et déformés. Aussi, ainsi que le préconise le Professeur Roger (8), des coupes en série ont été faites et les divers stades importants de l'évolution ont pu être ainsi observés ainsi que la filiation des différents tissus.

Un faisceau libéro-ligneux normal (Pl. III, fig. 1) comporte : des éléments ligneux comprenant : le protoxylène ou bois primaire (p.x) et le xylème (bois secondaire) formé des vaisseaux (x) entourés de fibres ligneuses (f.l.). A la partie inférieure du faisceau on remarque un îlot arrondi de petites cellules polygonales, c'est le phloème ou liber secondaire (ph.). Selon leur nature, les tissus pathologiques des galles se forment à partir des divers éléments précités et nous avons pu distinguer dans ces transformations plusieurs stades consécutifs :

Galles de la maladie de Fidji (Planche II).

Premier stade :

Dans le faisceau libéro-ligneux le cambium, périphérique à l'amas central de phloème, commence une division active de ses cellules, sous l'influence virale. Ceci se traduit histologiquement par une affinité plus grande pour les colorants des matières protéiques et des pecto et hémicelluloses (anneau blanc C)

Deuxième stade: (Pl. II, fig. 1 et 2 et Pl. II, fig. 3 et 4)

Dans le xylème çà et là, certaines fibres ligneuses (sc.h.) agrandissent leur lumen (hypertrophie), il n'y a sensiblement plus de multiplication cellulaire ; ce sont les jeunes fibres qui ainsi atteintes arrivent à augmenter de cinq à vingt fois leur volume, et comme l'épaississement de la paroi cellulaire n'augmente pas sensiblement et, parfois même, tend à diminuer à la suite de leur extension, les sclérites volumineux semblent formés de fines parois. Il reste cependant sur les membranes les épaississements ligneux et les plasmodermes caractéristiques qui rappellent leur origine.

Troisième stade : (Pl. II, fig. 5 et 6).

Pendant que se généralise l'augmentation de volume des fibres ligneuses, le cambium s'est disjoint vers la partie la plus proche de la face inférieure de la feuille et les cellules produites ; provenant de la division active de ce méristème, ainsi que les cellules libériennes placées près du point de rupture et de dénaturation du cambium augmentent de volume comme l'avaient fait les sclérites.

Quatrième stade (Pl. IV, fig. 1, 2 et 3)

Alors, se produit l'expansion irrégulière de tous les éléments précités et le gonflement général de la galle, tandis que simultanément les cellules de la gaine scléreuse, entourant le faisceau libéro-ligneux, se multiplient, puis s'aplatissent tangentiellement sous l'influence de la pression interne provoquée par l'expansion des éléments cellulaires atteints.

Certaines galles sont essentiellement scléreuses parce que la prolifération et l'expansion des éléments ligneux a pris le pas sur les malformations et expansions des cellules libériennes. (Pl. IV, fig. 1).

D'autres sont au contraire mixtes parce que les transformations des éléments libériens et ligneux se sont effectuées simultanément. Il se présente alors deux cas : selon que les premiers se sont immiscés entre les îlots des seconds, c'est une structure irrégulière ou cruciforme à trabécules ou traînées (Pl. IV, fig. 3), ou bien selon que les deux tissus se sont développés concentriquement nous avons

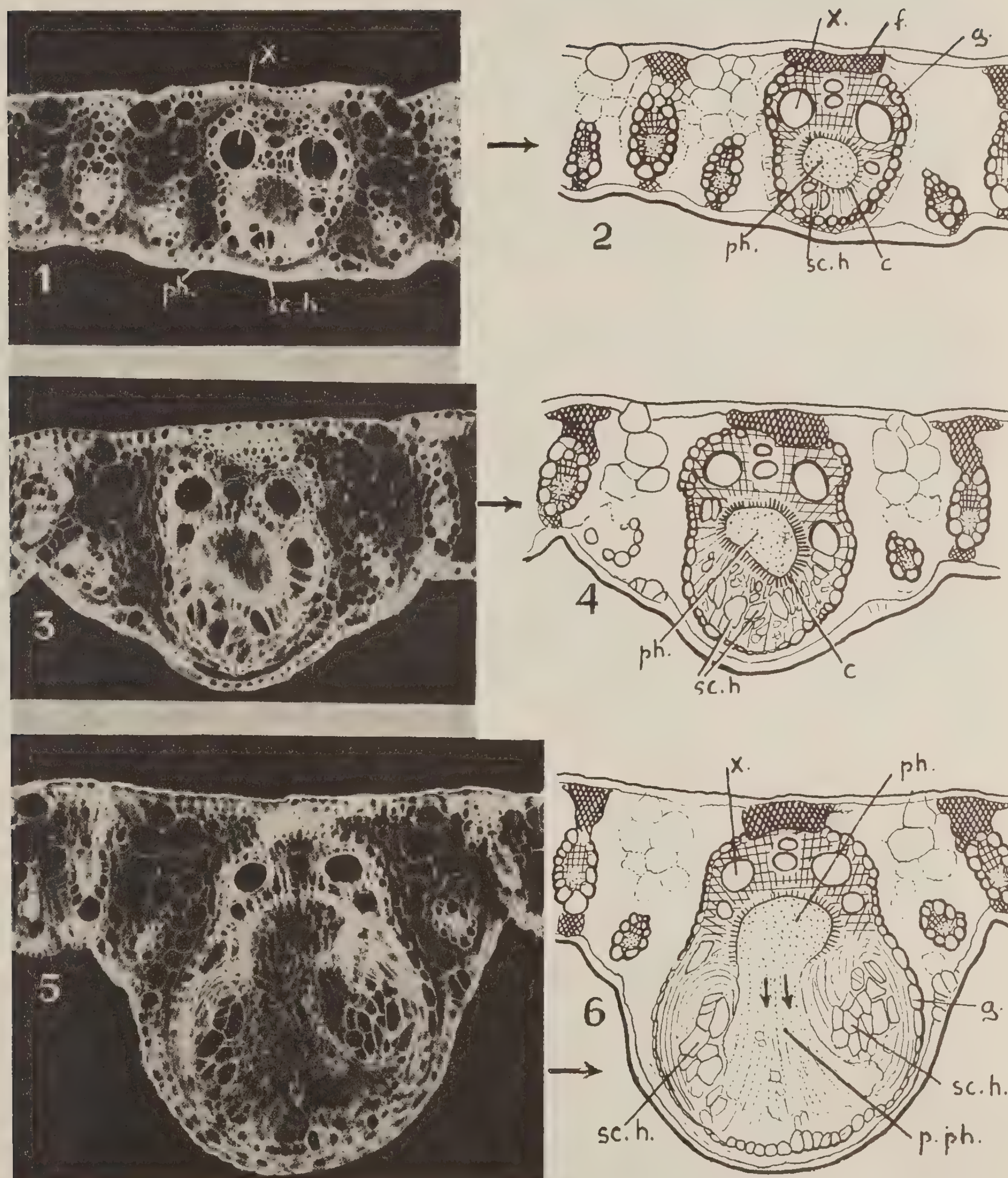


PLANCHE II. — **Ontogénèse des galles de la maladie de Fidji**

Fig. 1) et 2). Microphotographie et schéma correspondant, montrant le deuxième stade de la transformation : x, xylème ; f, amas de sclérites ; ph., phloème ; c, zone de multiplication active des cellules cambiales ; sc. h., sclérites hypertrophiés provenant de l'augmentation de volume des fibres ligneuses ; Fig.3) et 4). Microphotographie et schéma correspondant, de la répartition des tissus, montrant une augmentation très nette de l'activité de la zone C et du nombre des sclérites hypertrophiés (fin du stade 2 ; Fig. 5) Microphotographie et schéma correspondant, de la répartition des tissus au stade 3 des transformations de la galle, p. ph. : pseudo parenchyme d'origine libérienne ; on voit se former des groupes de sclérites hypertrophiés tandis que nous assistons à la formation d'un pseudo-parenchyme interne à partir du phloème.

Grossissement : Toutes les fig. × 100.

ainsi une couronne d'éléments scléreux hypertrophiés à l'extérieur (sc.h.) et un amas de cellules polygonales d'origine libérienne (p.ph.) au centre (Pl.IV, fig.2). L'ensemble du faisceau peut être transformé et l'on a peine alors à reconnaître encore, vers le centre de la galle, quelques éléments non transformés du faisceau libéro-ligneux d'origine.

Galles de pseudo-Fidji (Pl. III).

L'ontogénèse ici est tout à fait différente et comprend trois stades principaux :

Premier stade (Pl.III fig. 2) :

Les premières modifications atteignent la gaine scléreuse (g.), dont les cellules, situées près de la face inférieure du limbe, commencent à augmenter de volume. Au début, cette augmentation est presque générale, les autres tissus dont le phloème, (ph.) ne sont pas modifiés.

Deuxième stade (Pl. III fig. 3) :

Les cellules de la région inférieure de la gaine augmentent leur volume dans des proportions plus considérables et les fibres ligneuses situées dans cette région augmentent également de diamètre (sc.h.). Contrairement aux modifications des fibres ligneuses observées chez la vraie Fidji, cette hypertrophie des fibres ligneuses est associée à une augmentation de l'épaisseur de leurs parois ; les plasmodermes et les épaississements réticulés ne sont pas observables, comme chez les sclérites hypertrophiés de la maladie de Fidji. Les grands éléments lignifiés irréguliers qui se forment ainsi à partir des fibres ligneuses ont une disposition plus ou moins rayonnante.

La gaine déformée peut se scinder ou bien semble envoyer dans le parenchyme environnant (mesophylle) des prolongements rayonnants irréguliers (g.h.) (voir aussi Pl. I, fig. 7).

Troisième stade (Pl. I, fig. 7 et Pl. IV fig. 4) :

Cette dénaturation de la gaine s'accompagne alors, d'un début de prolifération du parenchyme (mesophylle) (p) entourant le faisceau libéro-ligneux. La multiplication de ces cellules est surtout active au voisinage de la gaine scléreuse modifiée. On assiste alors essentiellement à un développement de ce tissu parenchymenteux de sorte que la masse de la galle de la pseudo-Fidji, au maximum de son développement, est constituée par ce parenchyme inervé par de petits faisceaux déplacés et écartés par cette prolifération.

Les sections transversales et longitudinales des cônes et des formes en languette ou en bonnet phrygien montrent ainsi que ces galles sont alors constituées presque essentiellement de parenchyme inervé par de petits vaisseaux libéro-ligneux intacts, dont la structure n'est pas modifiée. Dans ce casle faisceau libéro-ligneux principal est rejeté sur le côté et ne présente pas de modifications structurales importantes (f.l.-l.). Des points de nécrose (n.,Pl.III, fig. 4 et 5 et Pl.IV fig. 4) peuvent être observés à la surface du limbe de la feuille. A ce niveau les cellules de l'épiderme épaississent leur paroi ainsi que les cellules du parenchyme sous-jacent qui prennent une disposition radiale.

Examen cytologique des galles.

Cet examen (Pl. I, fig. 6) nous a révélé la présence de corps étrangers globuleux « corps x », d'aspect granuleux et de nature protéique, dans les cellules et surtout dans les sclérites hypertrophiés des galles de la maladie de Fidji. Nos observations confirment celles de Lyon et Kunkel (loc. cit.). Les cellules voisines non modifiées et non déformées présentent également des « corps x » mais beaucoup plus petits.

Par contre, dans les cellules des galles de la pseudo-Fidji (Pl. I, fig. 7), aucun corps de ce genre n'a pu être découvert dans nos préparations. Quelques rares petits corps globuleux ont été aperçus, mais il n'est pas certain en l'occurence qu'ils soient identiques à ceux des cellules hypertrophiées des galles de la vraie maladie de Fidji.

Discussion des faits.

Les premiers prélèvements, effectués sur les cannes à sucre de la côte Est (maladie de Fidji) et de la côte Ouest de Madagascar (pseudo-Fidji), avaient permis de confirmer les résultats obtenus par

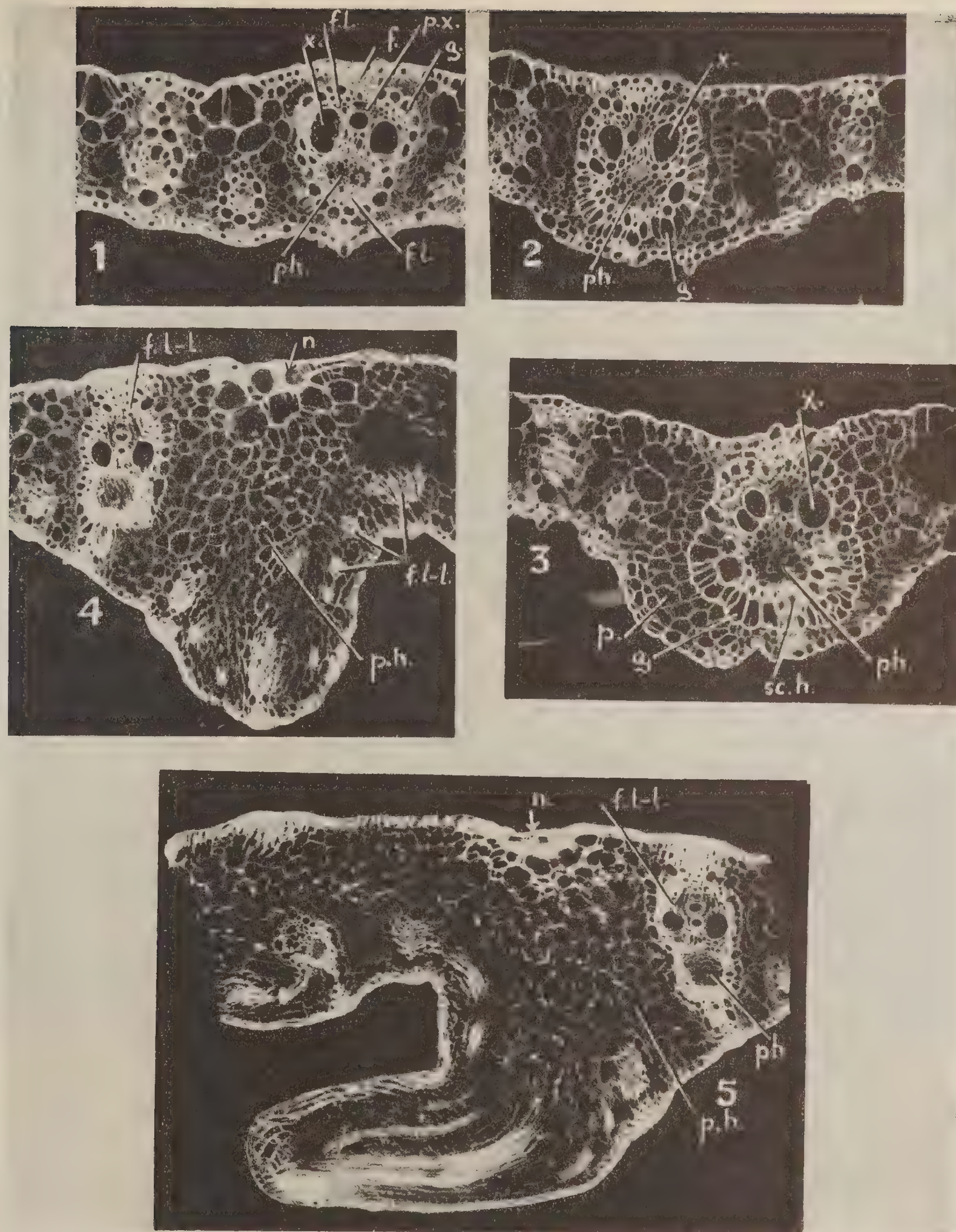


Planche III. — **Ontogénèse des galles de la pseudo-Fidji**

Fig. 1). Section transversale dans le limbe d'une feuille montrant un faisceau libéro-ligneux principal normal : px, protoxylème ; x, xylème ; ph. phloème ; f. l. fibres ligneuses ; f. fibres sclérifiées extra fasciculaires ; g. gaine du faisceau libéro-ligneux ; Fig. 2) Premier stade des transformations : g. h. ; gaine avec début d'hypertrophie des cellules ; Fig. 3) Deuxième stade montrant la gaine hypertrophiée (g.), quelques fibres ligneuses en voie de transformation (sc. h.) et un début d'hyperplasie du parenchyme extra fasciculaire (p.) ; Fig. 4) Section transversale dans une galle en forme de cône. Remarquer : le faisceau libéro-ligneux principal intact et rejeté sur le côté (f. l.-l.) ; la masse de la galle est constituée par du parenchyme inervé par de petits faisceaux libéro-ligneux secondaires (f. l.-l.) ; n. nécrose ; Fig. 5) Section longitudinale dans une galle en forme de languette avec point de nécrose : n.

Grossissement : Toutes les fig. × 100.

R. ANTOINE et tendaient à montrer que la pseudo-Fidji était bien différente de la virose sévissant sur les cannes à sucre de la côte Est.

Cependant, comme ces prélèvements intéressaient deux variétés différentes, une objection importante était susceptible d'être faite ; les galles n'ont pas la même structure, selon qu'elles proviennent de cannes à sucre de la côte Ouest et de la côte Est, non parce qu'elles sont le résultat de deux maladies, mais parce qu'elles proviennent de variétés distinctes qui n'ont pas les mêmes réactions au virus de la maladie de Fidji.

Les examens de nombreuses préparations ont montré, tout d'abord en ce qui concerne la maladie de Fidji (canne à sucre de la côte Est), que chez une même variété, on pouvait observer des variations légères dans la structure, selon la prédominance des éléments scléreux ou d'origine libérienne et que ces diverses formes de structure n'étaient pas, par conséquent, caractéristiques de la variété.

Il demeure bien entendu que le climat, qui n'est pas le même dans l'une et l'autre région, ait pu influencer la structure des galles. Mais on s'est efforcé d'effectuer les prélèvements dans des conditions de milieu identiques dans les deux cas.

L'examen comparatif des sections effectuées dans les galles d'une même variété B 37-132 a montré ainsi que les différences de structure étaient bien imputables à la nature de la maladie.

En ce qui concerne l'ontogénèse des galles des deux provenances, il est très net, sur les préparations, que les hyperplasies et hypertrophies observées n'atteignent pas les mêmes tissus. Les tissus pathologiques des galles de la maladie de Fidji (côte Est) ont une formation endogène et sont à prédominance scléreuse. Tandis que ceux des galles de la pseudo-Fidji (côte Ouest) ont une formation exogène et sont à prédominance parenchymateuse.

Les premiers tissus, atteints dans le premier cas, sont le phloème puis les fibres ligneuses du xylème et dans le second cas, la gaine entourant le faisceau libéro-ligneux, quelques fibres ligneuses et le parenchyme foliaire entourant le faisceau. Ce dernier tissu d'ailleurs est souvent le seul à être atteint et à proliférer dans la pseudo-Fidji.

Enfin, l'absence de « corps x » chez la pseudo-Fidji permet de supposer que le cas de l'Ouest est bien différent de la maladie de Fidji, notamment en ce qui concerne la nature de l'agent causal.

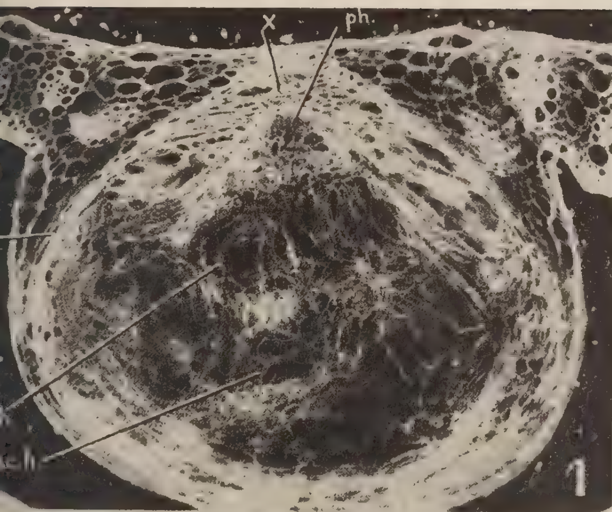
Ces divers résultats ont été résumés dans le tableau suivant :

TABLEAU DES PRINCIPAUX CARACTÈRES DISTINCTIFS MORPHOLOGIQUES ET HISTOLOGIQUES

Galles de la maladie de Fidji	Galles de la pseudo-Fidji
Galles allongées, jusqu'à 5 cm	Petites, rarement plus de 1 cm de long
Situées le long des nervures sans modification du trajet de ces dernières	Id. mais distorsion des nervures
Structure : limites très nettes des tissus pathologiques	Limite irrégulière
Nature scléreuse	Nature à prédominance parenchymateuse
Faisceau libéro-ligneux principal modifié	Faisceau libéro-ligneux principal peu ou non modifié
Premier tissu atteint : le phloème	La gaine
Deuxième tissu atteint : fibres ligneuses	Id. et parenchyme
Formation : endogène	Exogène
Corps x : présents	Absents

CONCLUSIONS. RÉSUMÉ. — *L'examen comparatif de la structure des galles observées sur les cannes à sucre (var. B 37-172) de la côte Est de Madagascar et qui sont provoquées par la maladie de Fidji (maladie à virus) et des galles observées sur les cannes à sucre (même variété) des plantations de Nossi-Bé et de la côte Ouest de Madagascar, permet de reconnaître deux structures différentes. Les premières ont une structure à prédominance scléreuse ; les secondes ont une structure à prédominance parenchymateuse.*

Des coupes en série ont permis de montrer que l'ontogénèse de ces galles était également différente. Chez la maladie de Fidji, la formation est endogène ou intra fasciculaire, et, chez la pseudo-Fidji, elle est exogène ou extra fasciculaire.







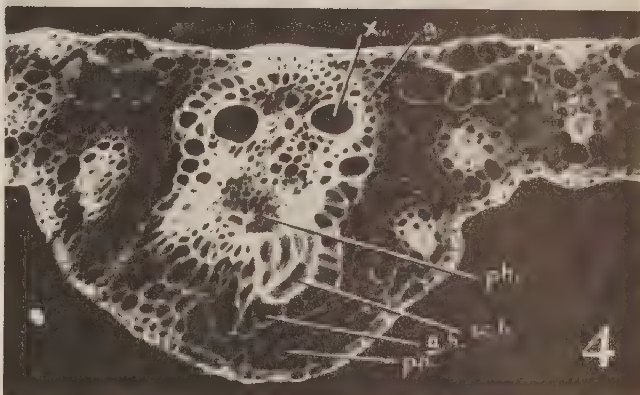


Planche IV. — **Structure de galles adultes**

Fig. 1). Section transversale d'une galle de la maladie de Fidji sur une feuille de canne à sucre var B 134-32. La masse des tissus est constituée par des sclérites hypertrophiés (sc. h.) dont les parois sont ornementées par des dépôts réticulés de lignine, à la partie supérieure, on reconnaît les éléments non modifiés du faisceau libéro-ligneux qui a donné naissance à la galle. Comparer avec la fig. 3 ; Fig. 2) Section transversale d'une galle de la maladie de Fidji sur la var. B 37-172 constituée d'un pseudoparenchyme central (p. ph.) d'origine libérienne entouré d'une bande de sclérites hypertrophiés polygonaux provenant de la transformation des fibres ligneuses et non des éléments de la gaine dont on peut remarquer les cellules encore intactes (g.) ; Fig. 3). Section transversale d'une galle de la maladie Fidji sur la variété B 134-32 avec des groupes compactes de sclérites hypertrophiés séparés par des bandes de pseudoparenchyme ; Fig. 4) Section transversale d'une galle de pseudo-Fidji sur une feuille de la var. B 37-172 à comparer avec la fig. 2. Remarquer : les cellules hypertrophiées de la gaine (g. h.), quelques fibres ligneuses hypertrophiées (sc. h.) et la présence d'un important parenchyme (p. h.).

Grossissement : Toutes les fig. × 100.

Enfin, on n'a pas observé de « corps x » dans les cellules des tissus pathologiques des galles recueillies sur les plantes de la côte Ouest. Ces résultats militent en faveur de l'existence de deux cas.

Quant à la cause des galles observées dans la région de l'Ouest malgache, d'autres recherches seront nécessaires pour tenter de l'établir et de la prouver.

SUMMARY. — *The comparative study of the structure of sugar-cane galls (var. B. 37.172) on the east coast of Madagascar, which are caused by the Fidji disease (a virus disease), and of galls observed on the sugar-canes of Nossi-Bé plantations (same variety) and of the west coast of Madagascar, allow to recognize two different structures. The first ones have a structure predominantly sclerous ; the second have a structure predominantly parenchymatous.*

Series of sections allowed to show that the ontogenesis of these galls was also different. In the Fidji disease, the formation is endogenous or intra-fascicular and in the pseudo-Fidji disease it is exogenous or extra-fascicular. Finally, no x bodies were observed in the cells of pathological tissues of galls from the western coast. These results seem to corroborate the existence of two cases. As far as the cause of galls from the western area of Madagascar, is concerned more research will be necessary to establish and prove it.

RESUMEN. — *El examen comparativo de la estructura de las gallas observadas en las cañas de azúcar (var. B. 37.172) de la costa oriental de Madagascar, provocadas por la enfermedad de Fidji (virosis) y de las gallas observadas en las cañas (misma variedad) de las plantaciones de Nossi-Bé y de la costa occidental de Madagascar, permitió descubrir dos estructuras diferentes. Las primeras revelan una estructura con predominancia esclerosa ; las segundas una estructura con predominancia parenquimática.*

Unas series de cortes permitieron mostrar que la ontogenesis de las dos gallas eran diferentes. En la enfermedad de Fidji la formación es endógena o intrafascicular y, en la pseudo-Fidji, exógena o extrafascicular.

Finalmente, no se observaron « cuerpos x » en las células de los tejidos patológicos de las gallas recogidas en las plantas de la costa occidental. Estos resultados muestran que existen dos casos.

Para establecer y comprobar la causa de las gallas observadas en la región occidental, otras investigaciones son necesarias.

Bibliographie

1) Antoine R. (1959). — Pseudo-Fidji on the West Coast of Madagascar. Note dactylographiée inédite, 5 p., Réduit, Ile Maurice, 1959 (nov.).
2) Cottrel, Dormer (1927). — Report of the Fidji disease. Situation in Queensland. *Qud. Agric. j.*, Pt. I, 1927 (août).
3) Hermandez A. (1919). — Seventeenth annual Report of the Bureau of Agriculture. *Philip. Agric. Rev.*, 12, p. 93. 1919.
4) Kunkel L. O. (1924). — Histological and cytological studies on the Fidji disease of Sugar cane. Bull. Exp. Stat. of the Hawaiian sugar plant. assoc. Bot. ser., Vol. III, Part. 11, pp. 99-107, Honolulu, Hawaii, 1924.
5) Limasset P., Mlle H. Augier de Montgrenier (1946). — Sur une maladie à virus provoquant des déformations foliaires remarquables chez le tabac et la tomate. *Ann. des Epiphyties.*, Ser. pathol. vég., T. XII (N. S) Mém. 5, pp. 181-202, 1946.
6) Lyon H. L. (1910). — A new cane disease now epidemic Fidji. *Hawaïan Planters' Record*, 3, pp. 200-5, 1910.
7) Lyon H. L. (1915). — Fidji disease in New-Guinea. *Hawaiian Planters' Record.* 12, p. 200, 1915.
8) Lyon H. L. (1921). — Three major cane diseases : Mosaïc, Sereh and Fidji disease. *Bull. Exp. Stat. H. S. P. A.*, Bot. Serv., Vol. III, par 1, pp. 1-43 (Fidji, p. 34) 1921.
9) Mungomery R. W., A. F. Bell. (1933). — Fidji Disease of Sugar cane an dits transmission Bull. nº 4, Dion of path., Bur. Sugar Expt. St. Queensland, 1933.
10) Roger (1960). — Les problèmes phytopathologiques en République Malgache dans l'Archipel des Comores et à l'Ile de la Réunion. Rapport de mission inédit, ORSTOM.



DÉTERMINATION BIOLOGIQUE DU POUVOIR NUTRITIF D'UN SOL PAR DÉVELOPPEMENT CONDITIONNÉ DES MICROORGANISMES ET DOSAGE DE L'OXYGÈNE QU'ILS ABSORBENT

par

G. BACHELIER
Maître de Recherches, ORSTOM

INTRODUCTION

Dans une note présentée le 15 octobre 1958 à l'Académie d'Agriculture de France, J. Duche proposait d'évaluer dans les sols l'activité des bactéries par détermination de l'oxygène absorbé et ce, selon une méthode dérivée de celle utilisée par les hygiénistes pour juger du degré de pollution des eaux.

« La méthode que nous proposons, écrivait-il, consiste à mettre dans un grand flacon une quantité d'eau de canalisation telle que le flacon ne soit empli qu'à mi-hauteur, d'y ajouter un poids connu de sol et d'agiter jusqu'à saturation d'oxygène »

« Cette suspension de sol est répartie dans les flacons bouchés à l'émeri, en prenant soin de ne pas laisser de bulles d'air. L'oxygène dissous dans l'eau surnageante après repos est dosé périodiquement pendant sept jours, tous les deux jours environ ».

Cette mesure paraît pouvoir évaluer le potentiel de développement des microorganismes dans des conditions, où ce développement dépend essentiellement du pouvoir nutritif des échantillons vis-à-vis de ces microorganismes ; c'est-à-dire permettre une estimation de la fertilité biologique des sols.

Comme nous le verrons plus en détail, le fait de mesurer ce « potentiel de vie » en laboratoire et dans des conditions artificielles n'en modifie pas la signification. Par exemple, un sol désertique qui irrigué pourrait donner un sol productif et biologiquement fertile, tant qu'il reste désertique, ne renferme pratiquement pas d'aliments énergétiques (débris végétaux ou cadavres) et le fait de placer notre échantillon dans de l'eau pour en mesurer l'absorption d'oxygène ne surestimera pas sa fertilité biologique car, faute de ces aliments énergétiques, les bactéries et les champignons ne se développeront que peu, même si l'échantillon possède une certaine richesse en aliments plastiques (ou éléments minéraux).

Cette mesure devrait rendre service aux pédologues, notamment dans les laboratoires d'outre-mer.

Les pédologues, en effet, sont trop souvent obligés de juger de la fertilité possible d'un sol pour une plante ou un groupe de plantes en fonction des données chimiques, physiques et beaucoup plus rarement microbiologiques ou faunistiques qu'ils ont pu réunir et ce, en comparaison (quand la chose est possible) avec les connaissances agricoles acquises sur des sols analogues. Ils ne possèdent habituellement pas de données sur le pouvoir nutritif du sol vis-à-vis des microorganismes.

C'est pour ces raisons que nous avons pensé qu'il pouvait être utile d'étudier la méthode proposée par J. Duche pour mieux en voir le sens et les possibilités tout en essayant, si possible, de l'améliorer et de la normaliser.

Nous résumerons d'abord le principe et la signification de cette mesure, nous en examinerons ensuite les conditions de réalisation pour mieux les définir, puis, nous envisagerons les possibilités

que cette mesure semble pouvoir offrir aux pédologues et aux agronomes tout en exposant certains des résultats qu'elle nous a déjà permis d'acquérir.

En annexe, nous donnerons le mode opératoire détaillé que nous proposons pour cette mesure.

ÉTUDE DE LA MESURE BIOLOGIQUE DU POUVOIR NUTRITIF D'UN SOL PAR DÉVELOPPEMENT CONDITIONNÉ DES MICROORGANISMES ET DOSAGE DE L'OXYGÈNE QU'ILS ABSORBENT

Principe et signification de la mesure

Le principe de cette mesure est de doser l'oxygène absorbé par un poids de terre déterminé dans un certain volume d'eau et dans des conditions d'expérience strictement définies (préparation de l'échantillon de terre, qualité de l'eau, température, durée de repos des flacons).

En dosant l'oxygène ainsi absorbé, on mesure l'activité des microorganismes, qui se sont développés dans les conditions de cette mesure et, comme nous le verrons, ce développement dépend essentiellement de la richesse de l'échantillon de terre en éléments nutritifs, à la fois minéraux et énergétiques.

Si l'on stérilise à la fois les échantillons de terre, l'eau utilisée et les flacons et que l'on effectue tous les transferts nécessaires dans les conditions stériles d'une armoire à ultra-violet, l'absorption d'oxygène ne dépasse pas celle du témoin d'eau pure, absorption faible, liée à de simples processus physico-chimiques. Par contre, si les échantillons de terre ne sont pas stérilisés mais seulement l'eau et les flacons, on a une absorption d'oxygène très marquée (cf. tableau I).

TABLEAU I. — ABSORPTION D'OXYGÈNE POUR 3 G DE TERRE DANS UN LITRE D'EAU DE CANALISATION, EN SEPT JOURS ET A 20° C
(résultats en centièmes de mg)

	Milieu stérile	Terre non stérilisée
Terre brune (IDERT, Bondy S.)	40	177
Terre rouge ferrallitique du Cameroun	34	175
Témoin	40	

Nous avons essayé de réensemencer des flacons entièrement stérilisés par quelques gouttes de filtrat de terre ou par certaines bactéries bien déterminées.

Avec la terre brune de l'IDERT (Bondy, Seine), stérilisée à l'autoclave, mise en flacon d'un litre et réensemencée soit par des quantités plus ou moins grandes d'un filtrat de terre, soit par certaines bactéries spécifiques, on a obtenu :

pour un réensemencement par deux gouttes de filtrat une absorption de 442 centièmes de mg d'oxygène,

pour un réensemencement par vingt-cinq gouttes de filtrat une absorption de 440 centièmes de mg d'oxygène,

pour un réensemencement par *Bacillus subtilis* une absorption de 55 centièmes de mg d'oxygène,

et pour un réensemencement par un autre bacille non déterminé, aucune absorption d'oxygène.

(toutes ces mesures ayant été faites avec de l'eau déminéralisée, à 20° et en sept jours).

Avec des populations microbiennes très diversifiées, l'absorption d'oxygène ne nous apparaît pas proportionnelle au nombre d'organismes vivants dans les échantillons, car les résultats sont égaux quelle que soit l'importance de l'ensemencement. Ainsi que nous le verrons par d'autres

expériences, l'absorption d'oxygène est proportionnelle aux possibilités de développement des organismes vivants, c'est-à-dire aux aliments énergétiques et minéraux qui leur sont offerts.

Les valeurs ci-dessus données se rapportent à la même terre que dans le tableau I, mais ici l'absorption d'oxygène est plus que doublée car le passage de la terre à l'autoclave (une heure à 120°) a permis la décomposition de certains composés organiques et consécutivement l'accroissement des substances utilisables par les bactéries.

Les essais faits avec certaines bactéries spécifiques (*Bacillus subtilis* ou autres) n'ont rien donné, car ces espèces n'ont pu se développer dans le milieu expérimental. Ceci importe peu étant donné que, dans les sols, il y a toujours suffisamment de bactéries susceptibles de se développer dans ces conditions et que ce n'est ni les espèces, ni leur importance numérique mais les possibilités qui leur sont offertes pour se développer qui déterminent en fin de compte l'importance de l'absorption d'oxygène. Les quelques plaques microbiennes que nous avons pu faire sur les terres récupérées après les mesures nous ont d'ailleurs montré une grande diversité de bactéries en cours de développement.

Cette mesure de l'activité microbienne, qui peut expérimentalement se développer dans un sol en fonction de son pouvoir nutritif, devrait pouvoir servir dans la recherche de facteurs limitants ou l'étude de l'action de certains apports aux champs.

Cette même mesure pourrait aussi être faite avec le dosage du gaz carbonique dégagé, mais le nombre des dosages serait ici beaucoup plus élevé, car il nous faudrait connaître le CO_2 dissous dans l'eau en début et en fin d'expérience, le CO_2 gazeux dégagé et même les carbonates et les bicarbonates avant et après.

Le rapport $\frac{CO_2 \text{ dégagé}}{O_2 \text{ absorbé}}$ serait peut être aussi intéressant à considérer dans différents types de sol mais nous ne voulons ici qu'envisager l'étude d'une mesure biologique simple susceptible d'être facilement utilisée par les pédologues, ce qui est le cas avec le dosage de l'oxygène absorbé.

Conditions expérimentales de la mesure

Ces mesures biologiques du pouvoir nutritif des sols ne sont comparatives entre elles que si les conditions expérimentales sont bien définies.

1) État de la terre dont on veut déterminer le pouvoir nutritif et poids de terre a utiliser pour la mesure :

La première question qui se pose est de savoir dans quel état doit se trouver la terre ; est-il préférable d'utiliser pour la mesure une terre fraîche, une terre séchée à l'étuve à 100° ou une terre séchée à l'air ?

Pour essayer de répondre à cette question, nous avons prélevé en octobre dans le terrain de l'IDERT (Bondy, Seine) une terre renfermant 10 % d'humidité et nous en avons aussitôt mesuré l'absorption d'oxygène en sept jours à 20° et pour des poids différents. Puis, nous avons refait ultérieurement nos mesures sur cette même terre de l'IDERT, après qu'elle ait été séchée à l'étuve ou plus simplement à l'air pendant dix jours, vingt jours et trente jours.

Les courbes de la figure 1 résument les résultats de ces mesures avec, en plus, ceux acquis sur une terre prélevée en juin au même endroit, alors qu'elle ne renfermait qu'une humidité de 1 %.

L'absorption d'oxygène la plus faible correspond à la terre fraîche prélevée en octobre avec une humidité de 10 %, l'absorption la plus forte à cette même terre séchée vingt-quatre heures à l'étuve à 100° ; les courbes des autres échantillons s'intercalent entre ces deux courbes.

La terre, prélevée en octobre avec une humidité de 10 %, paraît être « stabilisée », après un mois de séchage à l'air, et les consommations d'oxygène trouvées correspondent à celles trouvées pour la même terre prélevée en juin avec 1 % d'humidité.

Les mesures sur les terres fraîches et humides ne nous semblent pas souhaitables car elles donnent des résultats plus faibles et plus difficilement comparables que les terres séchées un mois à l'air.

Quant aux terres fraîches séchées à l'étuve, elles donnent des valeurs anormalement élevées.

Le passage une heure à l'étuve à 100° tue en effet brutalement en les déshydratant certains microorganismes comme les protozoaires, les nématodes ou les microarthropodes. Cette accumulation de matières organiques deshydratées et légèrement oxydées accroît grandement les aliments énergétiques du milieu, et, pour des terres organiques, conduit à des résultats très différents de ceux que l'on peut acquérir avec une terre « naturellement » séchée à l'air.

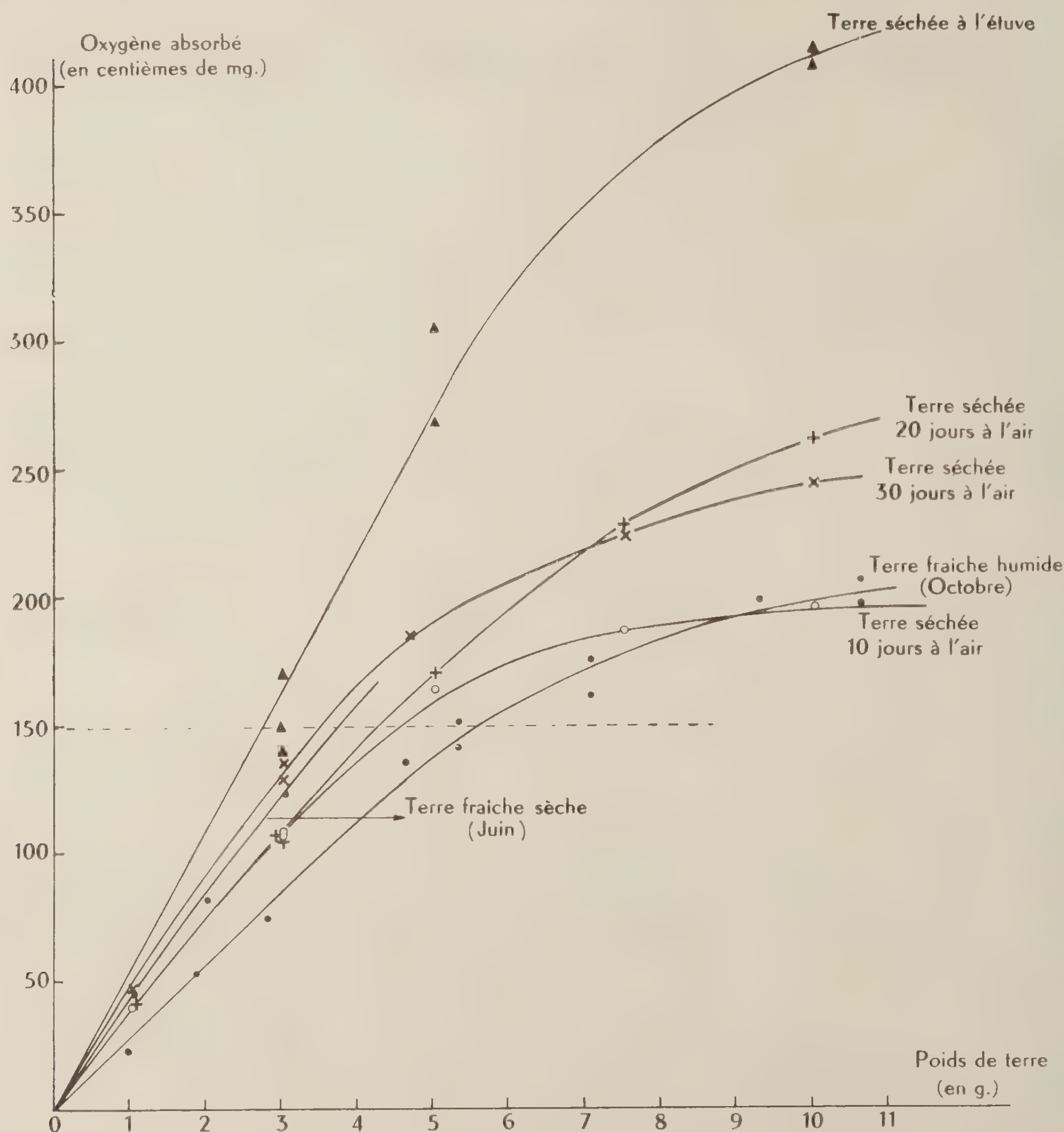


Fig. 1 - Absorption d'oxygène en 7 jours et à 20° en fonction du poids de terre mis dans un litre d'eau distillée

Il est, par ailleurs, généralement impossible pour les pédologues de réaliser des mesures de laboratoire sur les terres fraîches ainsi que de passer aussitôt celles-ci à l'étuve, mais par contre, ils peuvent le plus souvent dans un campement les faire assez facilement sécher à l'ombre.

Aussi, nous basant sur nos résultats, les nécessités du travail et les courbes de la figure 1,

nous pensons qu'il est préférable de déterminer le pouvoir nutritif d'un sol sur des échantillons séchés un mois à l'air, dans des conditions de faible hygrométrie.

Si nous considérons maintenant le **poids de terre à utiliser pour la mesure,** l'expérience nous a montré qu'avec des flacons d'un litre il est pratique de prendre, dans la plupart des cas, 3 grammes, mais il est évidemment des échantillons pour lesquels des quantités plus faibles ou plus importantes de terre sont nécessaires ; reste à savoir dans quelles limites les résultats sont proportionnels pour des poids de terre différents.

D'après les courbes de la figure 1, nous voyons que cette proportionnalité est acceptable jusqu'à ce que environ 150 centièmes de mg de l'oxygène du milieu aient été absorbés, ce qui pour des flacons de un litre, renfermant 850 centièmes de mg d'oxygène au départ, correspond à peu près à 17 % de l'oxygène.

Passée cette valeur, la diminution de l'oxygène dans le milieu freine progressivement l'activité microbienne, d'où le tracé de plus en plus incurvé de nos courbes.

Afin de mieux juger de la proportionnalité des résultats selon le poids de terre choisi, nous avons ramené arbitrairement à 3 g les résultats d'absorption d'oxygène des courbes de la figure 1. et nous les avons résumés dans la série de courbes de la figure 2.

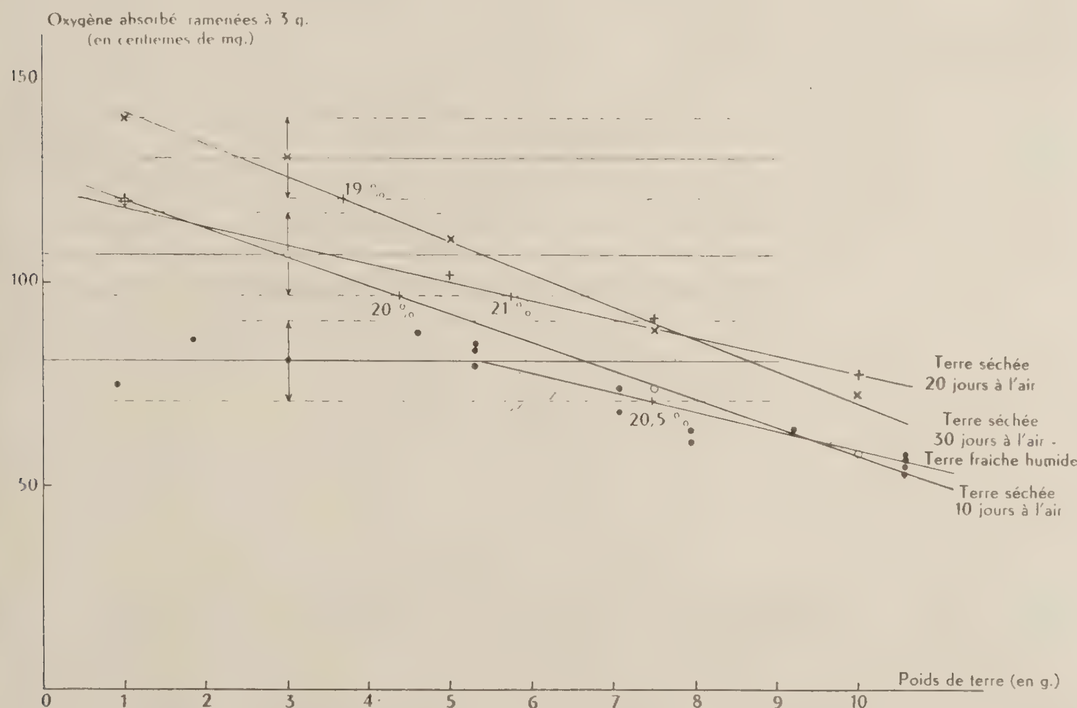


Fig. 2- Absorption d'oxygène en 7 jours et à 20° en fonction du poids de terre mis dans un litre d'eau distillée, les valeurs de l'oxygène absorbé étant toutes ramenées à 3 g. de terre.

Si les consommations d'oxygène avaient été trouvées proportionnelles aux poids de terre utilisés pour la mesure, toutes les lignes de la figure 1 auraient été des droites plus ou moins inclinées et les lignes de la figure 2 une série de droites horizontales ; il n'en est malheureusement pas ainsi.

Si nous admettons que dans la figure 2 les résultats d'absorption d'oxygène pour 3 g de terre sont exacts à ± 10 centièmes de mg près (ce qui dans des conditions d'expérience bien définies est un maximum) et, si nous traçons deux horizontales correspondant à ces ± 10 centièmes de mg, nous voyons que toutes les droites franchissent la limite inférieure quand environ 20 % de l'oxygène du milieu est absorbé. (Pour des raisons de clarté et parce que nous avons affaire à un échantillon enrichi en aliments énergétiques préoxydés, nous n'avons pas reproduit sur la figure 2 la courbe concernant la terre séchée à l'étuve ; cette courbe franchit la limite inférieure ci-dessus définie quand environ 40 % de l'oxygène du milieu est absorbé).

Si l'échantillon étudié absorbe peu d'oxygène, cette limite moyenne de 20 % de l'oxygène du milieu n'est atteinte en sept jours que pour un poids de terre important (c'est le cas de la terre fraîche choisie où, pour une absorption de 80 centièmes de mg d'oxygène, la limite de 20 % se situe à 7,5 g), mais si l'échantillon absorbe beaucoup d'oxygène, la limite de 20 % se situe alors beaucoup plus bas dans l'échelle des poids ; pour la même terre séchée à l'air, avec une absorption de 107 centièmes de mg d'oxygène, la limite de 20 % se situe à 5 g et, pour une absorption de 131 centièmes de mg, à 4 g.

Toutes conditions expérimentales étant égales, nous ne pouvons pas dire qu'une terre, dont 3 g ont absorbé 300 centièmes de mg d'oxygène, a eu une activité microbienne double d'une terre dont 3 g n'ont absorbé que 150 centièmes de mg, mais nous pouvons dire qu'elle a eu une activité microbienne « au moins double », car la valeur 300 est sous-estimée par rapport à la valeur 150.

Passée la partie approximativement rectiligne des courbes de la figure 1, nous n'avons que des valeurs relatives et non des valeurs absolues car ces dernières correspondraient aux prolongements des parties rectilignes.

Le fait de n'obtenir que des valeurs relatives, passé un certain seuil, ne doit toutefois pas nous empêcher de comparer entre elles les valeurs obtenues pour différentes terres, car ce seuil des valeurs relatives n'est probablement déterminé que par un ralentissement de l'activité bactérienne, consécutif à la raréfaction de l'oxygène dans le milieu, et il devrait, à priori, être le même pour les différentes terres séchées naturellement à l'air.

Ces comparaisons, bien entendu, ne sont valables que pour des mesures toutes conduites avec le même poids de terre. Si nous adoptons pour nos mesures un poids-type de 3 g et que nous ayons à faire des mesures sur d'autres échantillons, qui nécessitent un poids de terre différent, car étant par trop vivants ou au contraire par trop abiotiques, les résultats que nous obtiendrons alors ne pourront être comparés :

d'une manière relative, qu'avec des résultats obtenus pour des poids de terre identiques,

et d'une manière absolue, qu'avec des résultats ayant eux-mêmes une valeur absolue, c'est-à-dire, en nous reportant aux courbes de la figure 1, se situant tous sur les parties approximativement rectilignes des courbes ou sur leurs prolongements. Pratiquement, on ne peut à priori supposer un résultat comme ayant une valeur absolue que s'il se situe en dessous d'une absorption d'environ 150 centièmes de mg d'oxygène pour 850 centièmes de mg au départ ou que s'il résulte du produit d'un résultat se situant lui-même en dessous de cette limite.

Il faut, de plus, noter que, pour de faibles absorptions d'oxygène, les valeurs obtenues avec de petites quantités de terre, une fois ramenées à 3 g, peuvent souvent s'avérer légèrement supérieures aux valeurs obtenues directement sur 3 g et cela, même si les valeurs obtenues avec 3 g restent en dessous du seuil des valeurs relatives.

Nous devons avoir là un autre phénomène différent du freinage de l'activité microbienne par diminution de l'oxygène et qui, vraisemblablement, doit se rapprocher du fait bien connu qu'une population dans un milieu pauvre possède toujours un plus grand rendement, car utilisant mieux les chaînes carbonées qui lui sont offertes.

Sur les courbes de la figure 2, ce phénomène se traduit par le fait que pour les terres séchées à l'air, nous avons des droites de formule $y = ax + b$ et non, comme pour la terre fraîche (étuvée ou non), une partie rectiligne et horizontale au départ. Nous pensons que, pour la terre fraîche humide, ce phénomène ne se manifeste pas parce que, peut-être, nous faisons nos mesures sur un milieu déjà en pleine activité et par suite biologiquement mieux tamponné.

2) Imbibition et mise en flacon de l'échantillon :

La terre sèche sera tamisée à 2 mm comme pour les autres analyses mais, pour certaines terres à très forte structure ou très organiques, il peut y avoir avantage à les réduire à 1 ou 0,5 mm : l'échantillon tamisé à 2 mm doit alors dans sa totalité être réduit à cette granulométrie inférieure.

Le calcul montre qu'un échantillon de 3 g de terre organique et difficilement mouillable, peut apporter avec l'air qu'il renferme jusqu'à 50 centièmes de mg d'oxygène et l'expérience, de son côté, nous a montré que 3 g de la terre brune de l'Idert jetés directement dans l'eau peuvent apporter avec eux 20 centièmes de mg d'oxygène. Des échantillons de terre rouge ferrallitique dans les mêmes conditions n'ont par contre rien apporté.

Il faut donc chasser l'air des échantillons avant leur mise en flacon et, pour cela, la meilleure méthode nous a paru être de les laisser s'imbiber, par capillarité sur papier-filtre et dans une boite de Pétri inclinée, pendant un quart d'heure ou une demi-heure selon la mouillabilité des échantillons ; les échantillons saupoudrés dans l'eau ou imbibés latéralement à plat n'ont pas donné de bons résultats.

La terre préalablement imbibée sera ensuite directement entraînée dans le flacon d'un litre avec l'eau préparée pour la mesure.

La répartition d'une suspension du sol dans des flacons, comme le proposait J. Duche, ne nous semble pas à conseiller car la plupart des terres ne se mettent que très imparfaitement en suspension et la répartition dans les flacons est alors très inégale. Le résultat ne peut dans ce dernier cas être que la somme de résultats partiels et il vaut, évidemment, beaucoup mieux faire la moyenne des résultats de deux ou trois mesures analogues que la somme des résultats de mesures différentes.

3) Choix de l'eau a utiliser pour la mesure :

Peut-on utiliser l'eau de canalisation, comme le préconisait J. Duche, ou mieux vaut-il employer de l'eau distillée ou de l'eau déminéralisée sur résines ?

Dans le but de répondre à cette question, nous avons choisi une terre de l'Idert et la terre d'un horizon 5-10 cm d'un sol ferrallitique du Cameroun ; ces deux terres avaient toutes deux été séchées à l'air, leurs teneurs en acides humiques totaux étaient analogues mais les sommes de leurs bases échangeables très différentes (cf. tableau n° 3, p. 535).

Nous avons mesuré l'absorption d'oxygène dans ces deux terres avec trois eaux différentes :

une eau de canalisation, possédant un pH de 7,5 et une résistivité de 2.000 microohms,
une eau distillée possédant un pH de 5,2 et une résistivité de 60.000 microohms,
une eau déminéralisée possédant un pH de 5,1 et une résistivité de 300.000 microohms.

Les résultats que nous avons obtenus sont donnés dans le tableau 2.

Tableau 2. — Absorption d'oxygène pour 3 g de terre au litre, en sept jours, a 20° C et avec des eaux de qualité différente (moyenne de trois mesures exprimée en centièmes de mg)

	Eau de canalisation	Eau distillée	Eau déminéralisée	Eau dist. + 10 ml Wino + 0,2 g CO_3Ca
Terre brune de l'Idert (Bondy-Seine)	222	188	258	184
Terre d'un sol ferrallitique du Cameroun ..	233	119	176	301

Alors qu'avec l'eau de canalisation, la terre du sol ferrallitique manifeste une activité microbienne égale ou peut être même un peu supérieure à celle, qui se développe dans la terre brune (ce qui semble à priori anormal), avec l'eau distillée ou l'eau déminéralisée, les résultats sont inversés et la terre du sol ferrallitique apparaît respectivement au moins 1,6 et 1,5 fois moins vivante que la terre brune.

Le pH des eaux ne semble pas être la cause de cette inversion des valeurs car nous avons refait nos mesures en ramenant à pH 7 par de la soude N/10 les eaux distillées et déminéralisées et nos résultats n'en ont pas été modifiés pour cela.

La différence des résultats obtenus avec l'eau de canalisation et l'eau distillée ne peut s'expliquer que par la présence de sels minéraux en solution dans la première de ces eaux. Contrairement à la terre brune de l'Idert, la terre du sol ferrallitique est très pauvre en bases échangeables (notamment en calcium) et, dans les mesures faites avec l'eau distillée ou déminéralisée, cette déficience en éléments minéraux utilisables doit être un facteur limitant pour le développement des bactéries ; celles-ci rencontrent peut-être aussi dans le milieu une pression osmotique trop faible.

D'ailleurs, si l'on refait les mesures en ajoutant aux flacons d'eau distillée 10 ml du milieu de Winogradsky et 0,2 g de carbonate de calcium, nous voyons (cf. tableau 2) que l'absorption d'oxygène ne varie pas pour la terre brune, mais s'élève aussitôt énormément pour la terre du sol ferrallitique pauvre en bases échangeables.

Etant donné le sens que nous avons donné à notre mesure, mesure qui consiste, rappelons-le, à déterminer le pouvoir nutritif d'un sol par développement conditionné des microorganismes, nous devons rejeter l'utilisation des eaux de canalisation, dont la composition chimique est d'ailleurs très variable et nous en tenir uniquement à l'eau distillée.

L'eau déminéralisée sur résines est également à rejeter car, bien que pouvant avoir une résistivité extrêmement forte, elle renferme toujours des traces de résines échangeuses qui, dans certaines conditions mal définies et variables selon les échantillons, semblent déterminer une absorption de l'oxygène du milieu ; cette absorption paraît, même à des températures supérieures à 20-25°, pouvoir devenir très importante.

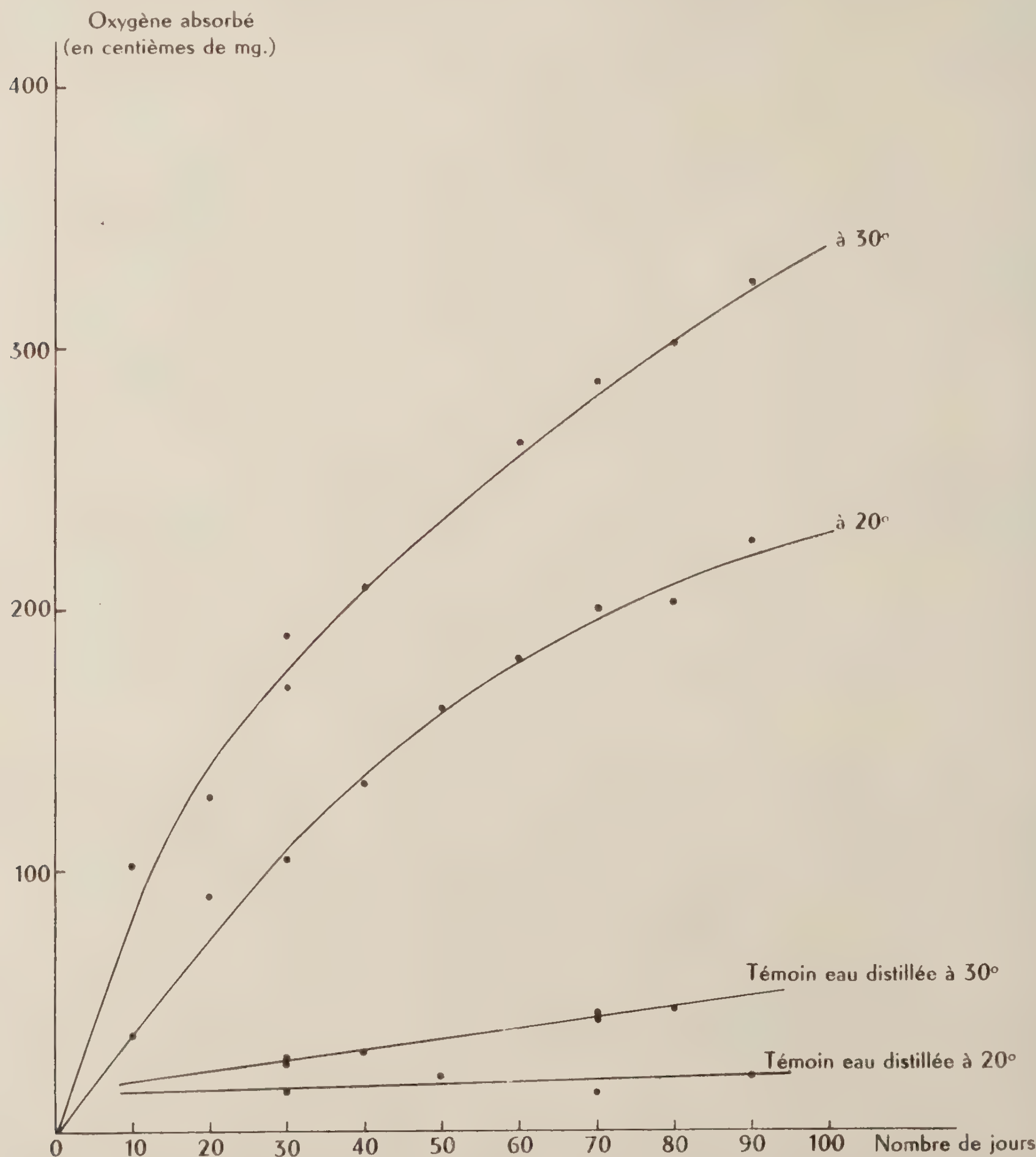


Fig 3–Absorption d'oxygène par 3 g. de terre dans un litre d'eau distillée en fonction du temps et pour des températures différentes

4) Choix de la température et du temps optima pour la mesure :

Nous avons, là encore, utilisé une terre de l'Idert (cette fois vieille de quatre mois) dont nous avons mesuré sur des échantillons de 3 g l'absorption d'oxygène pour des temps et des températures différents.

Les résultats de nos mesures sont résumés par les courbes des figures 3 et 4.

Nous voyons que ces courbes ressemblent à celles précédemment obtenues avec des poids de terre différents. Nous retrouvons ici le même démarrage affirmé, la même partie inférieure approximativement rectiligne et la même incurvation due à la raréfaction de l'oxygène. Cette incurvation, là aussi, se situe approximativement entre 150 et 200 centièmes de mg d'oxygène absorbé (soit 17 à 20 % de l'oxygène du milieu pour 880 centièmes de mg d'oxygène au départ).

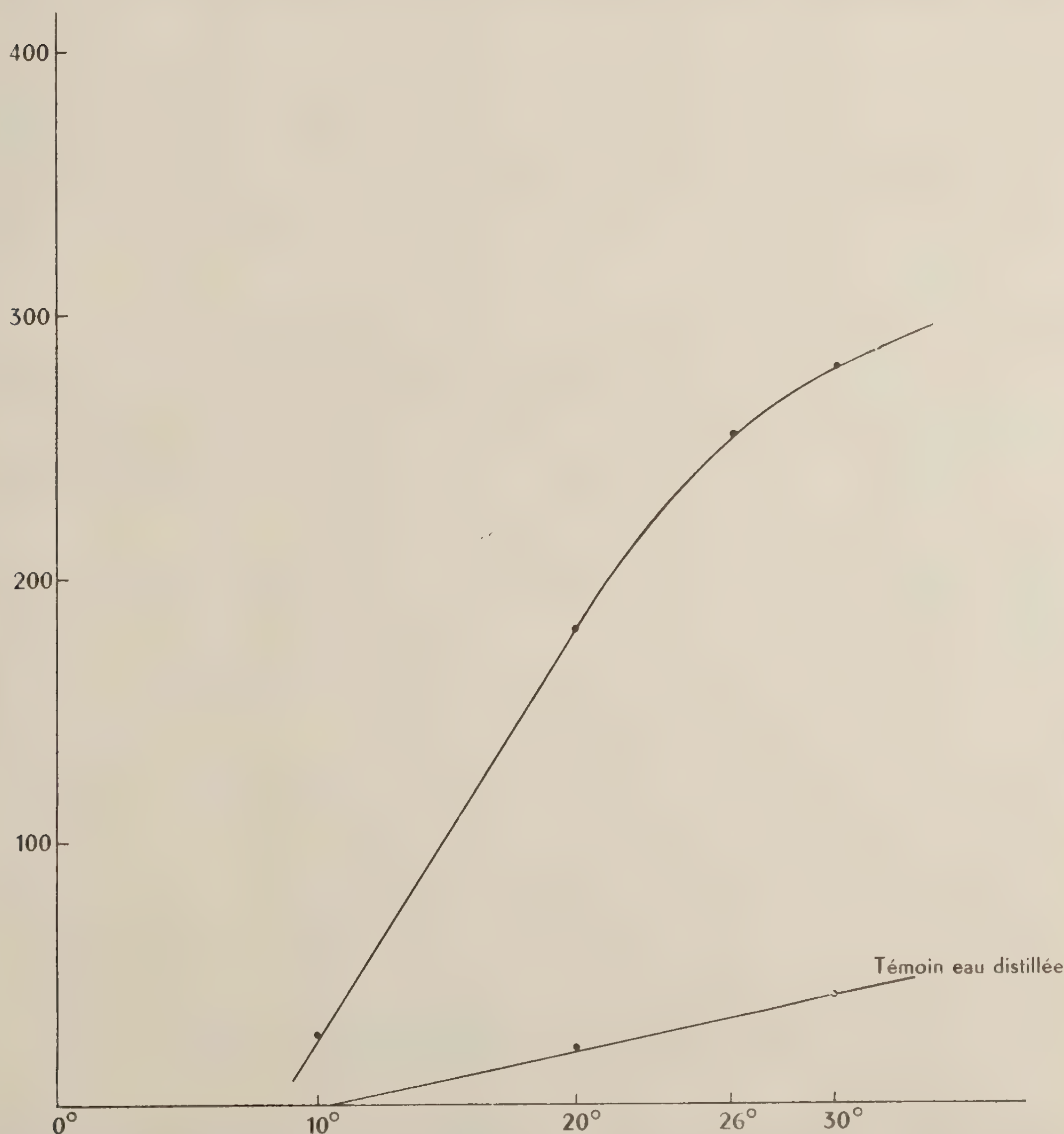


Fig. 4 - Absorption d'oxygène en 7 jours par 3 g. de terre dans un litre d'eau distillée en fonction de la température

Compte tenu de ces courbes et de nos divers résultats, nous pensons que la mesure de l'absorption de l'oxygène devrait se faire après sept jours pour avoir des valeurs suffisamment élevées mais non exagérées. De plus, le choix d'une semaine pour le repos des flacons est très commode du point de vue réalisation pratique.

En ce qui concerne la température, l'activité bactérienne à 10° est insignifiante et, au-dessus de 30°, nous avons peur que cette activité devienne par trop désordonnée, certaines bactéries pouvant alors peut-être plus facilement supplanter les autres et certains composés organiques s'hydrolyser trop rapidement.

J. Duche a préconisé la température de 20°, et c'est à cette température que nous avons fait toutes nos mesures.

5) Conclusions sur les conditions expérimentales de la mesure :

Tout ce que nous venons d'exposer nous montre bien que notre mesure dépend étroitement de ses conditions de réalisation, et, si l'on veut pouvoir comparer entre eux les résultats relatifs ou absolus de diverses mesures, il nous faut réaliser celles-ci dans des conditions expérimentales identiques.

D'après nos résultats nous pensons valable de proposer les conditions expérimentales suivantes :

Laisser sécher à l'air dans des conditions de faible hygrométrie et pendant au moins un mois la terre à analyser.

La tamiser à 2 mm en la broyant plus finement si cela est jugé utile.

En prendre des échantillons de 3 g, ou éventuellement, dans les cas d'absolue nécessité, de 1 ou 6 g mais en n'oubliant pas que les résultats ne pourront être comparés à ceux obtenus avec 3 g que dans des conditions bien définies (cf. plus haut).

Imbiber ces échantillons par capillarité sur papier filtre au moins un quart d'heure.

Les transvaser dans des flacons d'un litre à bouchon de verre rodé, puis finir de remplir ces flacons avec une eau distillée préalablement aérée par agitation.

Tapoter doucement les flacons avant de les boucher au cas où de petites bulles d'air seraient retenues sur leurs parois, les boucher, les lutter à la paraffine, puis les retourner ensuite deux outrois fois pour assurer un bon ensemencement et vérifier qu'il n'y ait pas de bulle d'air emprisonnée.

Conserver ensuite ces flacons sept jours à 20° avant d'en doser l'oxygène encore dissous dans le milieu. L'expérience nous a montré qu'il ne servait à rien de retourner chaque jour les flacons.

Nous donnons à la fin de ce texte la méthode, que nous avons adoptée pour le dosage de l'oxygène dissous dans l'eau, ainsi que plusieurs conseils pratiques pour la réalisation de la mesure et le calcul des résultats.

EXAMEN DE QUELQUES RÉSULTATS OBTENUS AVEC CETTE MESURE

Pouvoir nutritif d'un profil ferrallitique prélevé au Cameroun sous grande forêt et comparaison avec une terre brune de l'Idert (Bondy, Seine).

La détermination du pouvoir nutritif faite de 5 en 5 cm dans la partie supérieure d'un profil ferrallitique prélevé sous forêt équatoriale nous montre que l'activité microbienne est, dans ce sol, essentiellement localisée en surface (cf. tableau n° 3)

TABLEAU 3. — ABSORPTION D'OXYGÈNE PAR LA PARTIE SUPÉRIEURE D'UN SOL FERRALLITIQUE,
ABSORPTION D'OXYGÈNE PAR UNE TERRE BRUNE DE L'IDERT,
INFLUENCE DES APPORTS MINÉRAUX SUR CES ABSORPTIONS.
MATIÈRES ORGANIQUES ET BASES ÉCHANGEABLES.

N° des échantillons et profondeur (en cm)	Absorption d'oxygène $\frac{mg}{100}$ pour 3 g (1 l., 7 j., 20°)				Mat. organiques et bases échangeables				
	$\frac{mg}{100}$ pour 3 g (1 l., 7 j., 20°)	+ 10 ml./l. Wino + 0,2 ‰ CO_3Ca	+ NO_3NH_4 1 ‰	+ Wino + CO_3Ca + NO_3NH_4	Mat. organique % (= C × 1,72)	Mat. humiques totales ‰	Acides humiques ‰	Acides fulviques ‰	S. bases échang. (m. eq. pour 100 g)
Litière (0-1 cm)	1.185					31,6	15,6	16,4	
S[1] (1-2)	624				7,65	17,2	8,9	8,3	
S[2] (2-6)	154				1,95	6,0	1,6	4,3	4,5
S[3] (6-11)	119	296	134	277	1,50	4,6	0,9	3,8	0,8
S[4] (11-16)	86				1,20	4,2	1,2	3,5	
S[5] (16-26)	71				1,15	3,9	1,0	3,2	
S[6] (26-36)	51				0,85	2,8	0,2	2,6	
S[7] (60-80)	31				0,85	2,7	0,1	2,5	< 0,8
Terre brune de l'IDERT (0-10).	180	184	164	185	2,17	4,85	3,0	2,1	33

La surface du sol ferrallitique étudié était recouverte par une litière végétale, épaisse seulement d'un centimètre et constituée par des débris végétaux brunis et colonisés par les champignons. Cette litière se trouve mélangée à des rejets divers et le rapport fraction légère sur fraction lourde, établi sur l'échantillon sec avec du bromoforme à densité 2, y est peu différent de 0,5.

0,2 gramme de cette litière prise dans son ensemble absorbe 80 centièmes de mg d'oxygène en sept jours à 20° et dans un litre d'eau distillée renfermant 9 mg d'oxygène dissous au départ ; ce qui, pour 3 grammes de litière sèche, donne une absorption absolue d'environ 1.200 centièmes de mg d'oxygène.

Tout de suite en dessous de cette litière, et en ne considérant que le premier centimètre de terre brune, humifère et riche en radicelles qui recouvre le sol, l'absorption d'oxygène pour 0,5 gramme descend à 104 centièmes de mg et pour 3 grammes se situe donc aux environs de 624 centièmes de mg.

Dans les cinq centimètres suivants, l'absorption s'abaisse à 154 centièmes de mg pour 3 grammes, puis diminue ensuite rapidement (cf. tableau n° 3) pour tendre vers une absorption pratiquement nulle à un mètre de profondeur.

Ces résultats nous confirment, s'il en était encore besoin, que dans les sols ferrallitiques sous forêt équatoriale, la décomposition des débris végétaux est rapide et s'effectue essentiellement dans les 20 premiers centimètres.

La décomposition des matières organiques y est poussée très loin et la synthèse des matières humiques y est très limitée.

L'activité microbienne dans le sol ferrallitique suit naturellement les teneurs en matières organiques, mais se trouve grandement freinée par la rareté des bases échangeables comme le prouve l'adjonction d'éléments minéraux (10 ml du milieu de Winogradsky et 0,2 ‰ de CO_3Ca) à l'eau distillée de la mesure. Cet apport minéral fait beaucoup plus que doubler l'absorption d'oxygène de la terre ferrallitique, alors qu'elle ne modifie pas celle de la terre brune de l'IDERT, terre qui est beaucoup plus riche en bases échangeables.

On peut penser que les bases échangeables jouent dans cette mesure, en déterminant à la fois le contenu minéral des solutions mais aussi leur pression osmotique, car une pression osmotique trop faible peut empêcher tout développement bactérien.

Un essai d'apport d'azote sous forme de nitrate d'ammonium n'a pas augmenté les absorptions d'oxygène par l'une ou l'autre terre et, apparemment, les bactéries de ces terres ne manquent pas d'azote minéral pour se multiplier.

Ce n'est là qu'une application grossière de la mesure du potentiel d'activité microbienne à la recherche des facteurs limitants, mais nous pensons que, dans des études plus poussées sur les

carences minérales ou peut être même les oligo-éléments, cette mesure devrait pouvoir donner des résultats, pour autant qu'on tienne compte de la pression osmotique du milieu.

Quant à l'activité microbienne dans la terre brune de l'Idert (Bondy, Seine), elle apparaît supérieure à celle qui peut exister dans l'horizon du sol ferrallitique renfermant la même quantité d'acides humiques totaux. Ceci s'explique par le fait que les éléments minéraux dans la terre brune de l'Idert permettent certainement un développement plus actif des bactéries. Par contre, après un apport minéral et pour des teneurs en matières organiques à peu près égales, l'activité microbienne se développe bien plus rapidement dans le sol ferrallitique que dans le sol de l'Idert.

Pouvoir nutritif et fertilité de divers sols de Casamance et d'Oubangui aux passés agricoles différents.

Notre mesure est une mesure qui reflète le pouvoir nutritif du milieu pour les microorganismes, au même titre que la fertilité reflète le pouvoir nutritif du milieu pour les cultures qui y sont appropriées.

Aussi avons-nous essayé de voir sur des sols tropicaux, d'une part si la mesure biologique de leur pouvoir nutritif correspondait avec leur fertilité, et, d'autre part, si les résultats de cette mesure dépendaient bien à la fois des matières organiques et des bases échangeables.

Soit d'abord une série de huit terres sableuses de Casamance (station de la CGOT à Séfa, M. Cointepas), terres d'apparence analogue mais ayant des passés agricoles fort différents :

1) nº 126 et 326 : cultures continues arachide sur riz,
2) nº 401 : sol épuisé ayant déjà eu une année d'engrais verts,
3) nº 211 et 311 : après trois jachères d'un an,
4) nº 310, 510 et 610 : cultures d'arachide après trois jachères d'un an.

Tableau 4. — Absorption d'oxygène par des terres de Casamance et d'Oubangui.
Structure, matières organiques, bases échangeables et passé agricole de ces terres.

Nº des échantillons (0-10 cm)	Absorption d'oxygène $\frac{mg}{100}$ pour 3 g (*) eau distillée	eau canalisation	Eau canalisation / eau distillée	Structure	Matières humiques totales ‰	Acides humiques ‰	Acides fulviques ‰	S. bases échangeables (m. éq. pour 100 g)	Passé agricole (cf. texte)
Casamance :					**				
126	31	45	1,45	T. M.	1,76	1,30	1,06	1,12	1
310	42	54	1,29	M	2,04	1,44	0,88	1,48	4
401	44	56	1,27	M.	2,02	1,41	1,09	1,08	2
326	45	53	1,18	T. M.	2,12	1,62	0,86	2,70	1
311	46	63	1,37	Ass. B.	1,94	1,42	0,96	1,50	3
211	52	58,5	1,12	Ass. B.	2,26	2,0	0,89	3,20	3
510	57	88	1,54	B.	2,47	1,48	1,30	1,80	4
610	65	86	1,32	B.	2,9	2,06	1,34	2,24	4
Oubangui-Chari			Matières organiques %	Agrégats benzène %					
XXV-8	95		2,03	2,6	4,10	2,00	2,10	4,12	—
XXV-9	117		2,41	6,8	4,95	3,00	2,05	2,72	1 an maïs
XXVII-8 ..	108		2,26	4,8	4,90	3,35	1,65	3,18	—
XXVII-9 ..	133		2,34	10,8	4,50	2,90	1,55	3,30	1 an maïs

* 1 litre, sept jours, 20º

** Pour les sols de Casamance, la mesure directe des matières humiques totales apparaît légèrement inférieure à la somme « acides humiques + acides fulviques » par suite des faibles teneurs des échantillons en ces éléments.

Les mesures que nous avons réalisées sur ces sols (cf. tableau n° 4) indiquent qu'ils sont très peu « vivants » et donnent, à l'exception de l'échantillon n° 310, des résultats tout à fait concordant avec leur passé agricole (*).

Les mesures de structure faites par M. A. COMBEAU au laboratoire de physique des sols de l'IDERT ont montré que les structures de ces sols étaient de même en rapport avec leur passé agricole ; les terres cultivées en arachides après trois jachères d'un an ont une bonne structure, les terres venant d'avoir trois jachères d'un an ont une assez bonne structure (à l'exception, là encore, de l'échantillon n° 310 trouvé avoir une mauvaise structure), le sol épuisé venant d'avoir une année d'engrais verts a une mauvaise structure et les sols cultivés d'une manière continue en arachide et en riz ont une très mauvaise structure.

Si nous comparons maintenant les valeurs trouvées pour l'absorption d'oxygène avec les teneurs en matières organiques et les bases échangeables, nous voyons d'une part que l'absorption d'oxygène croît approximativement dans le même sens que les matières humiques totales mais que, d'autre part, elle est freinée par l'insuffisance des bases échangeables, ainsi que le montre la différence des résultats obtenus avec l'eau de canalisation et l'eau distillée. Ce ralentissement de l'absorption d'oxygène est d'autant plus marqué que les matières organiques sont importantes et les bases échangeables faibles ; si l'on porte, en effet, sur un graphique en abscisses le rapport « oxygène absorbé avec l'eau de canalisation sur oxygène absorbé avec l'eau distillée » et en ordonnées les matières humiques totales, nous voyons (cf. figure n° 5) que les points obtenus, à une exception près, se superposent obliquement selon leur richesse en bases échangeables. Ce qui, notons-le au passage, est une confirmation de la signification que nous avons précédemment donnée à notre mesure.

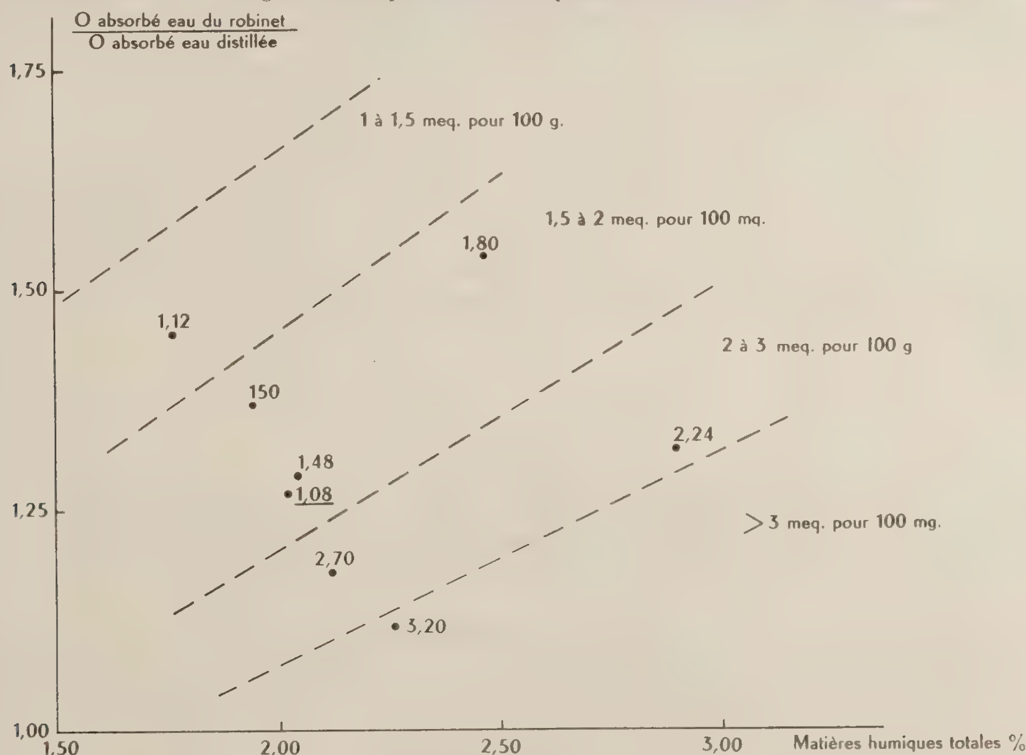


Fig. 5 - Relation entre l'absorption d'oxygène, les matières humiques et les bases échangeables dans les sols de Casamance.

(*) Nous avons été obligés de faire nos mesures sur 6 grammes pour avoir des différences plus nettes, mais, dans le tableau n° 4, nous donnons cependant les résultats d'absorption d'oxygène par rapport à 3 grammes de terre, car l'expérience nous a prouvé que, sur ces échantillons de terre, les résultats obtenus avec 6 grammes étaient exactement le double de ceux obtenus avec 3 grammes. Cette proportionnalité s'explique facilement étant donné que dans les deux cas (3 g et 6 g) nous restons en dessous d'une consommation de 150 centièmes de mg d'oxygène avec les conditions expérimentales habituelles (cf. plus haut, choix du poids de terre).

Nous avons joint à notre tableau n° 4 les résultats obtenus sur deux parcelles de sols argilo-sableux d'Oubangui-Chari (parcelles XXV et XXVII) (Station de l'IRCT à Grimari, M. Boyer). Dans chacune de ces parcelles, la moitié a été cultivée en maïs pendant un an et, dans cette moitié, la structure, comme le montrent les résultats d'agrégats au benzène, s'en est trouvée nettement améliorée.

Là encore, les résultats de nos mesures suivent les résultats des mesures physiques et les résultats d'absorption d'oxygène paraissent bien toujours dépendre des matières organiques (avec, peut-être, une influence des bases échangeables), mais les différences entre les résultats sont trop minimes et les résultats pas assez nombreux pour qu'on puisse établir dans ce dernier cas des corrélations valables entre les différentes valeurs trouvées.

Mesure de l'absorption d'oxygène par des sols salés de Tunisie.

Nous avons voulu voir si la mesure biologique du pouvoir nutritif pouvait aussi s'appliquer à des sols salés. Pour cela, nous avons choisi quatre sols très salés de Tunisie, qui, sur place, ne supportaient pratiquement pas de végétation.

Parmi ces quatre sols, il y en a un (le n° 1.606), qui paraît être un peu plus stable que les autres et possède une meilleure perméabilité ; son absorption d'oxygène est particulièrement élevée (cf. tableau n° 5).

Pour les autres, l'absorption d'oxygène est aussi positive et peut être comparée aux sols de Casamance, que nous avons déjà vus, mais, si l'absorption d'oxygène traduit encore ici l'importance de l'activité microbienne, la signification de cette activité ne doit plus être la même car, nous devons avoir affaire à quelques bactéries bien spécialisées et non plus à une population de bactéries.

Tableau 5. — Absorption d'oxygène, résistivité, stabilité, perméabilité et matières humiques totales de sols salés de Tunisie

N° des échantillons (0-10 cm)	Absorption d'oxygène $\frac{mg}{100}$ pour 3 g	Résistivité mmhos	Indice* d'instabilité	Débit $cm^3/h/8\ cm^2$	Matières humiques totales ‰
1.601	91	142	11,4	7,7	0,05
1.602	41	61	148	7,3	0,25
1.606	258	129	3,1	24,5	0,05
1.607	29	59	11,4	5,6	0,05

* Indice d'instabilité : $\frac{\text{fraction dispersée (argile + limon)}}{\text{agrégats stables — sable grossier}}$

Si pour une raison quelconque, le sol salé devient un peu plus stable, et un peu plus perméable à l'eau et à l'air, certaines bactéries chimiotrophes peuvent alors se multiplier rapidement pour autant que l'élément qu'elles oxydent est présent en quantités appropriées ; tel doit être le cas pour l'échantillon n° 1.606 où, peut-être, le soufre est en jeu.

Pouvoir nutritif de diverses litières végétales

absorption d'oxygène pour 0,2 g de litière un litre en sept jours et a 20°.

litière de châtaignier (forêt de Montmorency)	370 centièmes de mg
litière de pins (Vosges)	340 —
litière d'un sol ferrallitique sous forêt (Cameroun)	160 —
tourbe du Pays de Bray	1 —

D'après ces quelques résultats, qui ne sont donnés qu'à titre d'exemples, il semblerait qu'une même activité microbienne puisse se développer dans une litière de châtaignier et une litière de pins, bien que l'évolution des matières organiques soit très différente dans ces deux litières.

Le caractère abiotique de la tourbe est aussi nettement souligné.

L'examen de ces quelques résultats, pour superficiels qu'ils soient, n'en montre pas moins que la mesure étudiée peut avoir des applications variées et rendre d'utiles services, compte tenu de sa relative facilité de réalisation.

Cette mesure doit toutefois être réalisée dans des conditions expérimentales bien définies et nous pensons utile d'en donner pour finir un mode opératoire détaillé.

MODE OPÉRATOIRE DÉTAILLÉ POUR LA MESURE

Préparation des séries de flacons

La terre ayant été séchée à l'air pendant au moins un mois puis tamisée à 2 mm (ou, si nécessaire, à 1 ou 0,5 mm après broyage), en peser des échantillons de 3 grammes ou, éventuellement, des poids plus ou moins élevés si les terres sont abiotiques ou, au contraire, très organiques. Mais, pour des poids différents de 3 g, il ne faut pas oublier que les résultats que l'on obtiendra ne pourront être comparés à ceux obtenus avec 3 g que dans des conditions bien définies (cf. plus haut : poids de terre à utiliser).

Dans des boîtes de Pétri inclinées, laisser imbiber ces échantillons sur papier filtre, pendant au moins un quart d'heure.

Pendant ce temps, agiter pour l'aérer 9 litres d'eau distillée dans un flacon de 10 litres que l'on peut, par exemple, rouler énergiquement à plat sur un torchon pendant cinq minutes. Ces 9 litres d'eau distillée après un repos de cinq autres minutes, serviront pour une série de neuf flacons : sept flacons correspondront à des mesures du pouvoir nutritif et deux à des flacons témoins, ne renfermant que de l'eau distillée. (Un de ces deux flacons témoins peut être de 500 ml au lieu d'un litre, ce qui laisse une marge d'environ 500 ml d'eau toujours nécessaire avec des flacons, qui font souvent un petit peu plus d'un litre et ce qui permet aussi le dosage de l'oxygène dissous dans l'eau distillée au départ ; ce dosage, s'il n'est pas nécessaire pour la mesure du potentiel d'activité microbienne est cependant utile pour juger de l'oxygène absorbé dans les flacons témoins).

Il est conseillé d'utiliser une eau distillée dont la température ne soit pas trop éloignée de celle à laquelle on va soumettre les flacons, ceci afin d'éviter des phénomènes de dilatation ou de rétraction de l'eau par trop marqués.

Les échantillons de terre étant correctement imbibés et l'eau distillée étant ainsi préparée, reste à remplir les flacons.

En s'aidant d'un entonnoir placé sur un support réglable et en opérant au-dessus d'une cuvette plate, transvaser les échantillons imbibés dans les flacons de verre avec un peu de l'eau distillée préalablement préparée, puis finir de remplir les flacons avec cette eau.

Tapoter doucement ces flacons avant de les boucher, au cas où de petites bulles d'air seraient retenues sur leurs parois, les boucher, les luter à la paraffine fondue à l'aide d'un compte-goutte puis les retourner ensuite deux ou trois fois pour assurer un bon ensemencement et vérifier qu'il n'y ait pas de bulle d'air emprisonnée.

Conserver ensuite ces flacons sept jours à 20° avant d'en doser l'oxygène dissous dans le milieu. Il est généralement inutile de les retourner pendant ce laps de temps.

Dosage de l'oxygène dissous dans l'eau des flacons

Après ces sept jours de repos, on reprend les flacons, on les retourne pour bien en homogénéiser le milieu et on dose l'oxygène dissous dès que le liquide est redevenu assez limpide.

Dans les laboratoires froids, il est à éviter qu'un refroidissement trop marqué des flacons y détermine une rétraction de l'eau, une pénétration de l'air et un léger apport d'oxygène si les flacons séjournent trop longtemps dans le laboratoire avant d'être dosés.

Pour le dosage, on pose le flacon sur un support, on le débouche et, avec un tuyau en plastique, on le siphonne aussitôt aux trois quarts dans un petit flacon à bouchon de verre rodé d'environ 125 ml de contenance. Il est pratique d'effectuer ce siphonnage au-dessus d'une cuvette plate et inclinée qui recueille les eaux débordant du petit flacon.

Quand environ les trois quarts de l'eau du grand flacon se sont écoulés, on arrête le siphonnage par en bas, on bouche le petit flacon pour en ajuster le volume d'eau puis, on le redébouche pour y introduire au moyen de pipettes plongeant jusqu'au fond : 1 ml d'une solution de sulfate de manganèse (400 g/litre) et 1 ml d'une solution d'iodure de potassium (700 g de potasse caustique et 150 g d'iodure de potassium dissous dans 1 litre d'eau).

Reboucher sans laisser de bulles d'air et agiter ; un précipité se forme aussitôt.

Au bout de dix minutes, déboucher de nouveau le petit flacon et ajouter en son milieu 1 ml d'acide sulfurique au 1/2.

Reboucher après avoir, si nécessaire, prudemment rajouter en surface un peu d'eau distillée afin que le volume du liquide soit suffisant pour qu'il n'y ait pas d'air emprisonné au cours de ce rebouchage.

Agiter et, lorsque tout le précipité formé précédemment s'est redissous, prélever 100 ml du liquide et titrer avec de l'hyposulfite de sodium N/80 jusqu'à disparition de la couleur jaune de l'iode. Déterminer la fin du dosage par addition de 1 ml d'empois d'amidon fraîchement préparé ou mieux une pincée de Thiodène Purkis-Williams (ce produit Prolabo qui vaut environ 9 NF les 100 g est un indicateur d'iode particulièrement pratique).

1 ml d'hyposulfite N/80 = 1 mg/litre d'oxygène dissous, mais en fait (cf. plus loin le calcul des résultats), une légère correction est à faire car la prise de 100 ml d'eau du petit flacon, par suite des réactifs qui y ont été introduits, ne correspond pas exactement à 100 ml d'eau des grands flacons.

Réactifs utilisés

Acide sulfurique au 1/2.
Sulfate de manganèse (400g/litre).
Iodure de potassium (700g potasse caustique et 150 g iodure de potassium dissous dans 1 litre d'eau distillée).
Hyposulfite de sodium N/80 (plus exactement appelée maintenant thiosulfate de sodium).
Thiodène ou, à défaut, empois d'amidon.

Préparation, titrage et conservation des solutions d'hyposulfite de sodium

Il est nécessaire de préparer, au départ, un litre d'acide sulfurique N/10 exact et 1 litre d'hyposulfite N/10 approché qui serviront ensuite à préparer des solutions N/80.

Préparation :

Pour préparer un litre d'hyposulfite de sodium à peu près décinormale (N/10), mettre 24,8g d'hyposulfite de sodium dans une fiole jaugée de 1 litre, dissoudre l'hyposulfite dans 500 ml d'une eau distillée de préférence bouillie et refroidie à l'abri de l'air (*) puis après dissolution, compléter à 1 litre avec cette même eau et verser la solution ainsi préparée dans un flacon teinté.

Laisser ensuite la solution se stabiliser une semaine à l'abri de la lumière et à la température du laboratoire, surtout si cette solution a été préparée avec de l'eau distillée ordinaire.

A partir de cette solution d'hyposulfite décinormale, on prépare ensuite, au fur et à mesure des besoins, des solutions d'hyposulfite N/80 (125 ml de la solution d'hyposulfite N/10 amenés à 1.000 ml).

Titrage :

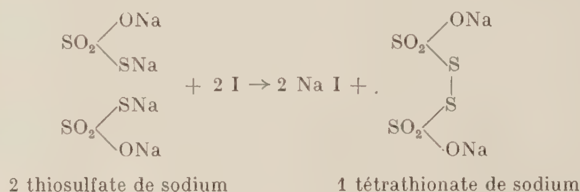
Les solutions d'hyposulfite se titreront au moyen d'un mélange d'iodure et d'iodate de potassium en milieu acide.

Placer dans un erlenmeyer 10 ml d'une solution aqueuse d'iodure de potassium (20 g/litre), 15 ml d'une solution d'iodate de potassium à 2 % et 10 ml d'acide sulfurique titré exactement.



$$3\ SO_4H_2 + IO_3K + 5\ IK = 3\ SO_4K_2 + 3\ H_2O + 6\ I$$

Ce sont ces six atomes d'iode qui réagissent sur l'hyposulfite de sodium, que l'on verse par la burette jusqu'à décoloration de la liqueur, la fin du dosage étant à préciser avec une pincée de thiodène ou 1 ml d'empois d'amidon.



2 thiosulfate de sodium   1 tétrathionate de sodium

A 3 SO_4H_2 correspondent 6 I et 6 hyposulfites (ou thiosulfates) qui en milieu acide n'agissent que par une valence, d'où un dosage classique selon la forme nv = n'v' ; à 1 ml de SO_4H_2 N/10 correspond 1 ml d'hyposulfite N/10.

Réactifs utilisés :

Iodure de potassium (20 g/litre)
Iodate de potassium à 2 %
Acide sulfurique N/10 ou N/80 titré exactement
Thiodène ou, à défaut, empois d'amidon.

Conservation des solutions :

Les solutions N/10 d'acide sulfurique et d'hyposulfite peuvent se conserver au frais et à l'abri de la lumière, mais, pour les solutions N/80, leurs titres peuvent lentement changer avec l'apparition de bactéries dans le milieu ; l'hyposulfite peut ainsi être oxydé par des bactéries en bâtonnets selon la formule :



$$3\ S_2O_3Na_2 + 5\ O \rightarrow S_4O_6Na_2 + 2\ SO_4Na_2$$

Aussi avons-nous trouvé pratique de conserver au frigidaire toutes nos solutions titrées quitte à les sortir une heure avant le dosage pour qu'elles aient le temps de se réchauffer. Ceci peut être indispensable outre-mer pour les solutions d'hyposulfite N/80.

(*) Ceci afin de priver l'eau du CO_2 et de l'O qui pourraient y être dissous. Le CO_2 en effet décompose l'hyposulfite de Na en donnant un dépôt de soufre :



$$S_2O_3Na_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow CO_3NaH + SO_3NaH + S$$

La réaction est lente et demande plusieurs jours pour être complète. L'influence de l'O est moins bien déterminée.

CALCULS DES RÉSULTATS.

Dans le dosage de l'oxygène dissous, nous avons vu qu'à 1 ml d'hyposulfite correspond théoriquement 1 mg/litre d'oxygène dissous, en fait ce n'est pas tout à fait exact.

En effet, en supposant que le petit flacon possède juste une capacité de 125 ml une fois bouché, on a dans ces 125 ml après la précipitation de l'oxygène 2 ml de réactifs (1 ml de SO_4Mn et 1 ml de IK) et seulement 123 ml d'eau.

Puis, après adjonction d'1 ml d'acide sulfurique au ½ pour redissoudre le précipité, on a 1,98 ml de réactifs, 122,02 ml d'eau et évidemment le centimètre cube d'acide sulfurique au ½.

A 125 ml correspondent donc 122,02 ml d'eau,
à 100 ml correspondent 97,61 ml d'eau
et 1 ml d'hyposulfite N/80 correspond en fait à 1,024 mg/litre d'oxygène dissous,
ceci pour un petit flacon ayant juste une capacité de 125 ml une fois bouché car le calcul est évidemment différent pour un autre volume.

Par ailleurs, les grands flacons de leur côté possèdent rarement une capacité exacte d'un litre et il est utile, après mesure de leur capacité de leur adjoindre une étiquette en portant indication.

Les résultats obtenus seront à multiplier par la capacité exacte des flacons divisée par 1 000.

Cette correction n'est évidemment pas à faire pour les témoins d'eau distillée car, dans ceux-ci, il s'agit d'une absorption d'oxygène proportionnelle au volume d'eau et non d'une absorption d'oxygène par un poids de terre bien défini.

Il faudrait encore tenir compte du volume de l'échantillon de terre, mais pour 3 g il ne dépasse pas 1 cm^3 et cette correction peut être négligée.

Compte tenu de ces diverses corrections, on peut ainsi disposer les résultats :

EXEMPLE DE DISPOSITION DES RÉSULTATS

Série nº 8 du 15 octobre 1959					
Nº et Poids de l'échantillon	ml d'hyposulfite	O dissous, mg par l, [corrections *]	Oabsorbé, $\frac{mg}{100}$ par l (= témoin — éch.)	O absorbé par l'éch. $\frac{mg}{100}$ par l.	Volume des flacons
Eau de départ**	9	9,18			
Nº 649/3 g	7,1	7,28	164	171	1.040
Témoin	8,7	8,92	26		

* Corrections : — titre approché de l'hyposulfite de sodium
— volume d'eau dans le petit flacon
** Le dosage de l'eau de départ est facultatif

* * *

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier ici Monsieur KAUFFMANN qui a bien voulu m'aider de ses très utiles conseils ainsi que Mademoiselle Christiane THOMANN pour ses dosages d'acides humiques et Monsieur COMBEAU pour ses données physiques.

RÉSUMÉ. — *Etude et essais de normalisation d'une mesure biologique du pouvoir nutritif des sols.*

Cette méthode, proposée initialement par le Docteur DUCHE, est simple à réaliser mais demande à être faite dans des conditions bien définies pour donner des résultats assez précis, reproductibles et comparables entre eux.

Cette méthode paraît plus particulièrement utile pour la connaissance de la fertilité des sols, mais nous pensons qu'elle peut aussi grandement aider les pédologues et les agronomes dans nombre de leurs problèmes et notamment dans la recherche des carences minérales.

Un mode opératoire détaillé de cette méthode est ici donné.

SUMMARY. — *Study and tests of normalisation of a biological measurement of soil nutritive power.*

This method, initially proposed by Dr DUCHE is simple in realisation but requires to be carried out under well defined conditions in order to give results sufficiently precise, reproductible and comparable with one another.

This method seems to be particularly useful for the knowledge of soil fertility, but in our opinion it could also be very helpful for pedologists and agronomists in many of their problems, notably in the research on mineral deficiencies.

Detailed directions for the working of the method are given here.

RESUMEN. — *Estudio y ensayos de normalización de una medida biológica del poder nutritivo de los suelos.*

Este método, elaborado por el Dr DUCHE, es fácil de realizar ; sin embargo necesita condiciones bien definidas para dar resultados bastante precisos, que se puedan reproducir y comparar entre ellos.

Es un método especialmente útil para conocer la fertilidad de los suelos. Pensamos sin embargo que puede mucho ayudar a los pedólogos y a los agrónomos, particularmente en la búsqueda de las carencias de elementos minerales.

Dáse aquí un modo de operar relativo a este método.

BIBLIOGRAPHIE

DEGRÉMONT. — Memento technique de l'eau. Etablissements Emile Degrémont, Rueil-Malmaison (Seine-et-Oise).

DUCHE. — Sur une nouvelle méthode d'évaluation de l'humus en rapport avec la fertilité des sols. C. R. Acad. Agric. de France, 15 oct., pp. 667-669, 1958.

POCHON (J.), DE BARJAC (H.). — Traité de Microbiologie des sols, 1958, Et. Dunod, Paris.



FERTILITÉ DES SOLS DES CAFÉIÈRES *
EN RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

(fin)

par

J. FORESTIER

Chargé de recherches, ORSTOM

IV

ÉTUDES SUR LE PHOSPHORE DANS LES SOLS LATÉRITIQUES **

PHOSPHORE ACIDO-SOLUBLE

Les connaissances actuelles concernant la fraction du phosphore du sol utilisable par les plantes ont surtout été acquises dans les régions tempérées ou subtropicales, et s'appliquent donc surtout aux types de sols de ces régions. Quelques essais en laboratoire ont cependant eu lieu sur des échantillons de sols tropicaux rapportés lors de prospections (3).

Les résultats concernant les pays tropicaux ont été obtenus aux îles Hawaii, à Porto-Rico, au Congo Belge, en A O F, en Nigeria, en Angola, en Afrique Orientale Anglaise et en Malaisie. La plupart des travaux avaient en vue la résolution d'un problème pratique se rapportant aux engrais ou à la fertilité du sol. Ces résultats peuvent, pour une bonne part, s'appliquer aux sols latéritiques de la République Centrafricaine.

Comme pour tous les éléments, un des premiers problèmes se posant pour étudier le phosphore des sols est celui de la méthode d'extraction à employer afin de définir une échelle de fertilité en relation avec la plante cultivée. Il est possible d'envisager le dosage du phosphore dit « total » par une extraction à l'aide d'un acide fort plus ou moins concentré, ou une extraction sélective, qui donnera le phosphore « assimilable ». Il existe des études montrant que le phosphore « total » du sol est la forme ayant la plus forte corrélation avec le rendement en arachide (4) (5), de préférence aux méthodes d'extraction sélective.

Mais le plus fréquemment ont été essayées les méthodes d'extraction sélective. Sans passer en revue toutes les méthodes déjà répertoriées par DEMOLON (6), nous citerons celles essayées en milieux tropicaux. Ce sont :

a) L'extraction par les acides dilués (acide citrique à 2 % ou 1 % selon les pays, acide sulfurique pour la méthode TRUOG).

b) L'extraction par un acide dilué en présence d'un anion déplaçant fortement le phosphore (le fluor dans la méthode BRAY et KURTZ).

c) L'extraction en milieu alcalin (soude N/10 ou N/2).

d) Les méthodes biologiques (NEUBAUER, *Aspergillus*), qui ont donné de mauvais résultats en Malaisie.

* Publication du *Bureau des Sols*, Haut-Commissariat de la République en Afrique Equatoriale Française. Voir « *L'Agronomie Tropicale* », 1959 (mai-juin), p. 306-48, et 1960 (janvier-février), p. 9-37.

** Cette étude reprend une partie des résultats acquis dans des travaux déjà publiés (1) (2) et complétés par des observations nouvelles.

Pour toutes les méthodes il a été déterminé un ou plusieurs seuils, au-dessus desquels il n'existe pas de réponse aux engrais ; au-dessous desquels, au contraire, la réponse aux engrais est assurée. En outre, pour certaines méthodes, quelques auteurs ont établi des relations entre les teneurs en phosphore ainsi dosé et le rendement relatif des récoltes (7).

Il ne me semble pas qu'une méthode d'extraction sélective soit meilleure que les autres d'une façon évidente. Nous avons donc choisi pour nos analyses une méthode d'extraction fréquemment employée pour comparer nos résultats et avoir une base d'interprétation.

Mukherjee a recommandé la méthode Truog pour les sols rouges non calcaires de l'Inde ; Owen (8) a donné des normes d'interprétation pour l'hévéa en Malaisie avec cette même méthode ; Laudelout et Fripiat (9), au Congo Belge, ont montré qu'elle donne les meilleures relations entre les taux de phosphore dosés dans le sol et l'assimilation par le riz de cet élément ; aussi avons-nous décidé d'adopter pour nos analyses en série la détermination du phosphore par la méthode Truog, comme méthode d'extraction sélective. Cette méthode a, en outre, l'avantage d'être rapide et facile à mettre en œuvre. L'appellation de phosphore acido-soluble employée dans la suite de cette étude concerne donc, sauf spécification, le phosphore du sol extrait par la méthode Truog.

Analysant des sols provenant de différentes formations géologiques et de richesse très variable, nous avons pu étudier quelques-uns des facteurs influençant le taux de phosphore acido-soluble des sols latéritiques, notamment l'épaisseur du prélèvement, la richesse minérale du sol et sa composition mécanique, l'acidité du sol, l'écobuage.

Nous avons choisi des échantillons de sols de deux catégories : ceux correspondant à des épaisseurs de 0-7 centimètres et plus d'une part, et ceux pris dans la zone superficielle 0-5 centimètres d'autre part. En comparant les pourcentages des échantillons correspondant aux différentes richesses en phosphore (voir tableau 1), il est facile de se rendre compte que, pour les horizons superficiels, il y a relativement moins de sols pauvres (39,5 % au lieu de 60,1 % de sol à moins de 5 ppm de P_2O_5) et plus de sols riches en phosphore acido-soluble.

Tableau 1. — Comparaison des pourcentages d'échantillons de sol, de richesses en P_2O_5 variable selon l'épaisseur de prélèvement

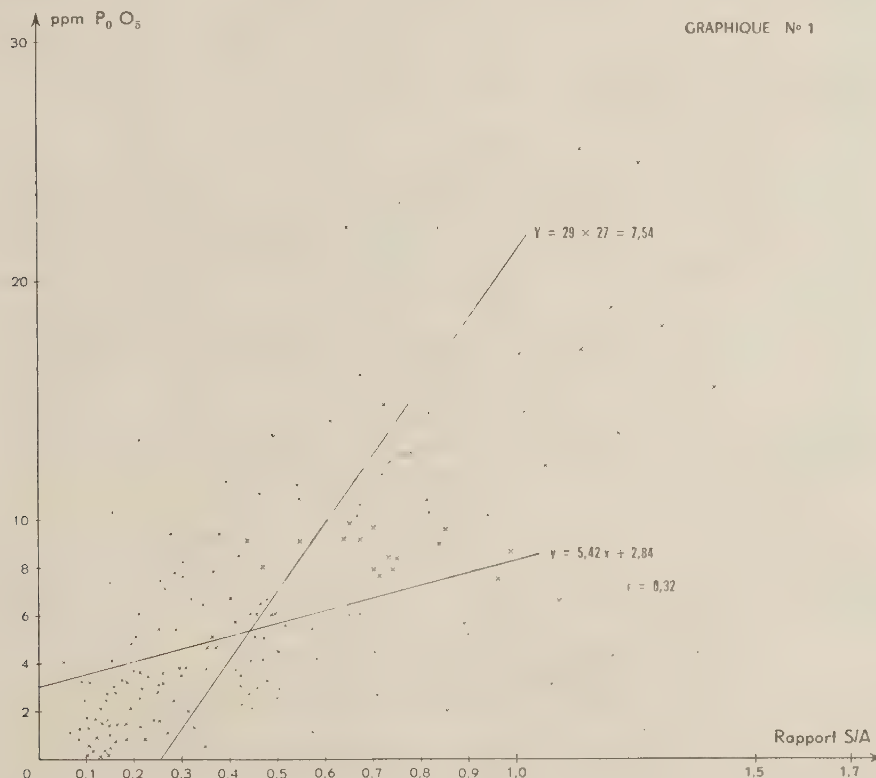
Taux de P_2O_5	Echantillon 0-5 cm		Echantillon 0-7 cm et plus	
	nombre	pourcentage	nombre	pourcentage
< 2 ppm	12	11,6	46	25,8
2 à 5 ppm	29	27,9	61	34,3
5 à 10 ppm	28	26,9	48	27,0
10 à 20 ppm	25	24,0	16	9,0
20 à 100 ppm	10	9,6	7	3,9
	104		178	

Il est donc possible d'avancer l'hypothèse qu'en surface, la présence de matière organique augmente le taux de phosphore acido-soluble, soit en protégeant le phosphore existant de la fixation, soit en apportant du phosphore soluble par sa destruction.

Pour les sols sableux ou légers, le taux de phosphore acido-soluble augmente sensiblement avec la teneur en bases échangeables, déterminée par la méthode rapide Gédroitz — Schofield (HCl N/20). Par ailleurs, pour des sols riches, mais très argileux formés sur schistes ou dolérites, le taux de phosphore est faible. Nous avons donc estimé, en première approximation, que le phosphore acido-soluble était proportionnel à la teneur en bases échangeables et inversement proportionnel à la teneur en bases échangeables et inversement proportionnel à la teneur en argile. Nous avons donc établi un graphique (nº 1) comportant en ordonnées le taux de phosphore acido-soluble et en abscisses le rapport.

$$\frac{S}{A} = \frac{\text{Somme des bases échangeables en m.e/100 g}}{\text{Teneur en argile pour 100 g}}$$

En général, dans les sols latéritiques, non cultivés de la République Centrafricaine, la valeur du rapport $\frac{S}{A}$ ne dépasse qu'exceptionnellement la valeur 2,0 et le taux de phosphore acido-soluble est le plus souvent inférieur à 30 ppm (voir le tableau 1). Le graphique 1 montre qu'il existe une corrélation assez faible entre le taux de phosphore acido-soluble et le rapport S/A. La valeur du rapport de corrélation est de r = 0,32. Cette corrélation faible, mais positive et significative, montre que l'argile ou des facteurs liés à l'argile (sesquioxydes) fixent le phosphore, et que l'augmentation de la teneur en bases est corrélative d'une augmentation de la richesse en phosphore acido-soluble du sol, soit qu'elle indique un sol de nature plus riche, soit que la présence de certains cations augmente la solubilité du phosphore ou diminue sa fixation. Rappelons que BIRCH (10) a montré que le pourcentage de saturation de la capacité d'échange des bases dans les sols acides est une mesure de la quantité de phosphore disponible dans le sol.



La corrélation établie est trop lâche pour permettre une interprétation fonctionnelle et il est nécessaire de doser le phosphore acido-soluble pour connaître son taux dans le sol. Néanmoins, il semble que l'on puisse assurer que pour un rapport S/A inférieur à 0,5 c'est-à-dire dans les deux tiers des cas, le taux de phosphore acido-soluble est inférieur à 15 ppm.

Le taux de phosphore acido-soluble semble être en relation avec le pH du sol. D'après le tableau n° 2, il apparaît que pour la classe de pH 5,0 à 5,5, le plus grand nombre d'échantillons est dans la classe la plus pauvre (2 ppm). A mesure que le pH s'élève, le pourcentage d'échantillons est plus fort dans les taux les plus élevés. Remarquons aussi qu'à un pH inférieur à 5,0, le taux de phosphore acido-soluble a tendance à être plus élevé.

TABLEAU 2. — POURCENTAGE D'ÉCHANTILLONS DE SOL PAR CLASSE DE TENEUR EN P_2O_5 EN FONCTION DU pH

Taux de phosphore	Classes de pH					
	< 4,5	4,5 à 5,0	5,0 à 5,5	5,5 à 6,0	6,0 à 6,5	> 6,5
< 2 ppm	25	17	*39*	22	6	5
2-5 ppm	*41*	*47*	35	*33*	23	16
5-10 ppm	17	24	14	23	*44*	21
10-20 ppm	17	12	12	16	14	*32*
20-100 ppm	—	—	—	6	14	26
Nombre d'échantillons	12	42	65	82	51	19

L'influence du feu sur la teneur en phosphore acido-soluble de la couche superficielle du sol est nette, qu'il s'agisse du feu de brousse en savane ou d'un brûlis de forêt abattue.

Dans le cas du feu de brousse, les valeurs atteintes restent faibles. Les chiffres que nous donnons sont obtenus sur station agricole, permettant ainsi la comparaison entre les teneurs de deux parcelles voisines, l'une brûlée, l'autre non brûlée.

Mesure sur quatre ans pour des profondeurs 0-15 cm :

Parcelle non brûlée : 2,2 à 6,8 ppm P_2 0_5
Parcelle brûlée régulièrement 22 à 66 ppm P_2 O_5

Dans le cas, où la jachère n'est pas brûlée régulièrement, et pour un prélèvement de surface assez épais (0-10 cm ou 0-15 cm) la différence est bien moins nette, 5 à 6 ppm après brûlis au lieu de 2-3 ppm.

Sur un essai de plante de couverture en savane, un feu de brousse s'est propagé à la couverture : les résultats suivants ont été obtenus (prélèvement de surface 0-7 cm)

Année de défrichement, brûlis de savane : 10-15 ppm

Année suivante :

sous couverture non brûlée : 3-4 ppm ;
sous couverture brûlée de *Stylosanthes* : 22 ppm.

Un exemple similaire existe pour le *Mimosa* avec respectivement 8 et 16 ppm.

Dans le cas de brûlis de la forêt, la quantité de cendres apportée est beaucoup plus considérable et correspond à une véritable fumure de fond. Dans un essai par bloc comportant deux formules sur le mode de défrichement :

abattage de la forêt et andainage
abattage de la forêt et brûlis

nous avons obtenu en moyenne des quatre répétitions les résultats suivants :

Mode de préparation du terrain	Taux du sol P_2 O_5 acido-soluble
abattage + andainage :	13 ppm
abattage + brûlis :	70 ppm

Sur d'autres défrichements avec brûlis, les chiffres enregistrés la première année de culture atteignaient 100 et même 200 ppm pour des échantillons moyens, prélevés sur des surfaces de 1.000 m^2 avec des épaisseurs de prélèvement de 0-7 centimètres.

La variabilité des résultats est d'ailleurs très forte. Comme en savane, si l'épaisseur du prélèvement est trop forte, les résultats trouvés à l'analyse diminuent rapidement : pour des teneurs de 50-80 ppm avec une épaisseur de 0-7 cm, le résultat tombe à 15-25 ppm pour une épaisseur de 0-10 cm et à 4-6 ppm pour une épaisseur de 0-15 cm. C'est donc que le phosphore acido-soluble se trouve dans la couche très superficielle. Comme les teneurs ne sont pas exactement inversement proportionnelles à l'épaisseur de la couche du sol, il semble qu'il y ait fixation rapide du phosphore sur l'argile des couches inférieures pendant le dosage.

* * *

FIXATION DU PHOSPHORE ACIDO-SOLUBLE

Nous avons précédemment montré que le sol s'enrichissait d'une façon importante en phosphore acido-soluble par le brûlis de la forêt. Une autre source d'enrichissement est représentée par les engrais phosphatés. C'est ainsi que l'application de phosphore bicalcique en couronne sous les caféiers peut porter localement le taux de phosphore acido-soluble à des valeurs de 300 ou 400 ppm.

Quand les facteurs influant sur son taux restent constants, le phosphore acido-soluble demeure en équilibre plus ou moins stable avec les autres formes du phosphore du sol. Un apport massif d'amendements phosphatés (engrais, fumier, cendres) provoque la rupture de cet équilibre. Sous l'action des différentes caractéristiques du sol influant sur l'état du phosphore dans le sol (teneur en argile, en sesquioxydes, acidité), l'équilibre tend à se rétablir par la diminution du phosphore acido-soluble qui se fixe sous des formes plus difficilement extractibles. C'est le phénomène de **rétrogradation**. L'étude qui suit ne préjuge pas du degré d'assimilabilité par les plantes des fractions rétrogradées ou non dosées.

Nous avons pu suivre dans les conditions naturelles la rétrogradation du phosphore d'un engrais. Le dispositif de l'essai comportant deux blocs de chacun huit parcelles avec engrais et huit parcelles sans engrais.

Les parcelles avec engrais ont reçu par pied de caféier :

100 g phosphate bicalcique soit 40 g P_2O_5 le 17 avril 1953.
100 g phosphate bicalcique soit 40 g P_2O_5 le 8 avril 1954.

Les dates d'échantillonnage de sol sont les suivantes :

27 juillet 1954
15 janvier 1955
31 décembre 1955

Le terrain de l'essai est un sol rouge latéritique de plateau contenant 20 à 25 % d'argile, relativement pauvre en bases. Le terrain est suffisamment homogène pour qu'il n'existe pas de différence significative dans les teneurs en phosphore acidosoluble de chaque bloc (1 et 1,6 ppm en moyenne).

Les résultats obtenus sont les suivants (moyenne en ppm).

	Première date de prélèvement	Deuxième date de prélèvement	Troisième date de prélèvement
Parcelles avec engrais	10,1	3,9	3,55
Parcelles sans engrais	1,6	1,3	0,95

Les différences entre les parcelles avec engrais et sans engrais sont toujours significatives. Les taux observés pour les parcelles avec engrais diffèrent significativement entre le premier et le deuxième prélèvement mais non entre le deuxième et le troisième. Les différences entre les teneurs des parcelles sans engrais ne sont jamais significatives. On peut donc conclure que l'application d'un engrais phosphaté bicalcique augmente sensiblement la teneur du sol en phosphore acido-soluble, mais que cette teneur diminue d'abord rapidement (passant de 10 à 4 ppm en six mois) puis, ensuite, très lentement.

On note par ailleurs qu'il existe une différence significative positive dans l'alimentation en phosphore des caféiers recevant des engrais.

La rétrogradation du phosphore acidosoluble provenant d'un brûlis de la forêt a été observée notamment sur un essai portant sur 3 hectares et comportant six répétitions sur un sol comprenant 15 à 25 % d'argile en surface. Après le brûlis, il a été installé une plante de couverture (patate douce) dans les interlignes de la plantation de caféiers. La ligne de caféiers, qui est sarclée, sert de témoins

comme terre nue. Les échantillons par bloc représentent les moyennes de quatre-vingts prélèvements élémentaires sous couverture, ou de cent prélèvements sur terre nue. L'épaisseur des prélèvement des échantillons est de 0-7 centimètres. Les chiffres donnés sont les moyennes des résultats d'analyse des six échantillons. La plantation a été faite en 1953 et les premiers résultats datent d'avril 1955, les voici en ppm de $P_2 0_5$.

Date	Sous couverture	Terre nue
25 avril 1955	54	29
30 septembre 1955	33	16
20 mars 1956	38	15
3 avril 1957	18	5

Avec l'essai de mode d'ouverture de plantation comportant écobuage ou andainage, réalisé en 1956, nous avons eu les résultats suivants :

Profondeur	Date	Sous-couverture	Terre nue
0-7 cm	23-III-56 (défrichement)	70	70
0-7 cm	8-IV-57 (début install. couvert.)	71	52
0-5 cm	25-III-59 (couvert. bien installée)	86	35

Comme à l'origine, il n'existe pas de différence entre les teneurs en phosphore acido-soluble des parties sous couverture et des lignes de caféiers, ces résultats suggèrent qu'une couverture du sol retarde la rétrogradation du phosphore dans les sols. Il semble aussi que la rétrogradation s'opère surtout pendant la saison des pluies (mars à octobre) et qu'elle est négligeable pendant la saison sèche. La cause pourrait être les nombreux cycles d'humectations-dessiccations se produisant pendant la saison des pluies.

Le retard que provoque la couverture du sol dans la rétrogradation n'est peut-être pas si important que le laisse prévoir les chiffres ; il est possible qu'une partie du phosphore, qui disparaît au dosage dans le cas de la terre nue sur les lignes de caféiers, ait été entraînée par une érosion peu visible cependant par ailleurs.

En effet sur une autre parcelle d'essai de couverture, présentant côte à côte deux répétitions de couverture naturelle et de clean weeding, où l'érosion ne se manifeste pas, on obtient les moyennes suivantes :

Date	Végétation naturelle	Clean weeding
28-IX-55	77	51
7-III-56	88	40
18-III-57	63	62
18-III-59	81	53

Les mesures ont été commencées trois ans après l'écobuage.

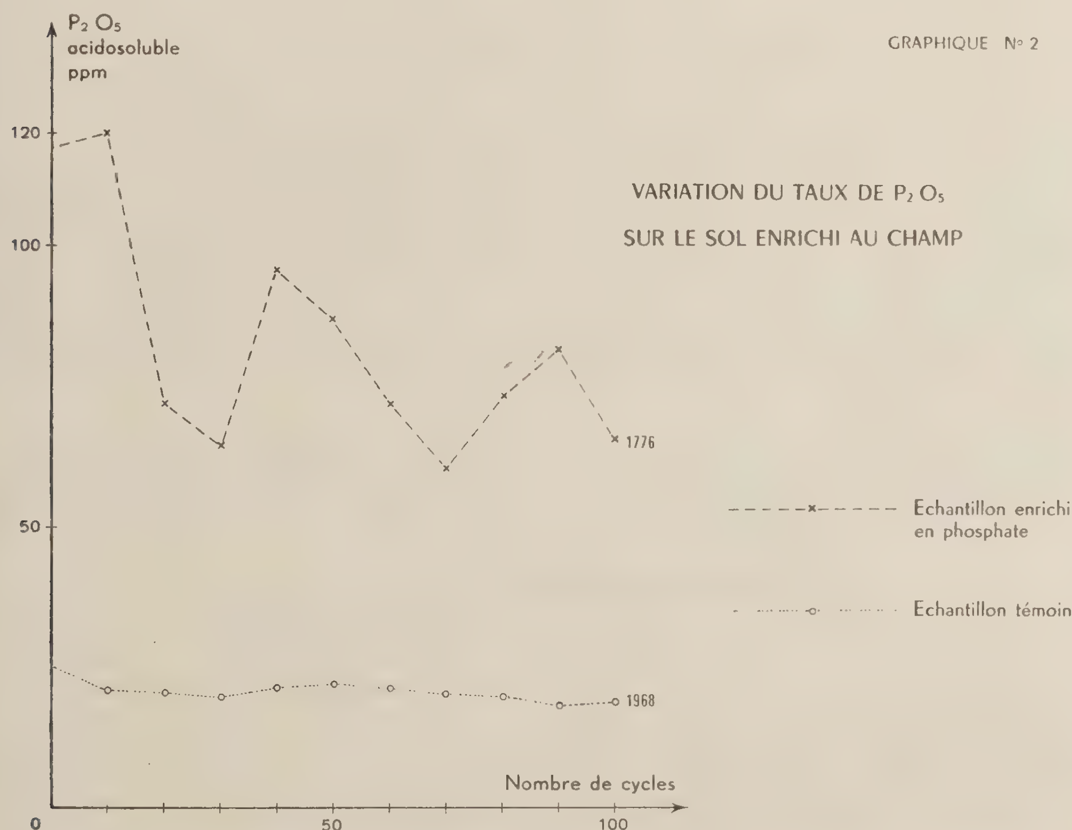
EXPÉRIENCES AU LABORATOIRE

Les premiers résultats au champ nous ayant montré l'importance de la rétrogradation du phosphore dans les sols oubanguiens, nous avons entrepris diverses recherches de laboratoire, pour essayer de prévoir la rapidité et l'importance du phénomène.

Les expériences furent faites avec des boîtes de Pétri, dans lesquelles une mince couche de sol était soumise alternativement à une humectation, puis à une dessiccation. La rétrogradation du phosphore était mesurée par le dosage du phosphore acidosoluble restant, tous les dix cycles humectation-dessiccation (H-D). L'emploi des couches minces se justifiait par la nécessité de limiter le poids total de l'échantillon en essai, et le désir d'accélerer les cycles H-D. L'humectation se faisait à l'aide de 5 ml d'eau distillée pour 15 grammes de sol, ce qui permettait une humidité dépassant l'humidité équivalente pour les sols les plus argileux, donc un déplacement facile des ions PO_4 H et PO_4 H_2. La dessiccation avait lieu au soleil, en général en une demi-journée.

Les premiers essais sur sol sableux montraient que le taux du phosphore acidosoluble varie d'une façon appréciable autour d'un niveau moyen. La rétrogradation, observée à certains moments, n'est donc pas irréversible s'il n'y a pas eu enrichissement du sol. Les résultats obtenus sur sols non enrichis montrent que, dans le sol superficiel, le taux du phosphore acidosoluble est en équilibre avec d'autres formes du phosphore du sol plus ou moins fixées. Les cycles H-D que provoque le climat suffisent pour favoriser les échanges d'une forme à l'autre, se traduisant par une fixation ou une libération du phosphore acisodoluble. D'après les essais faits seulement sur quatre échantillons, la variation atteignait environ 30 % du taux maximum de phosphore acidosoluble trouvé. Ainsi le taux de phosphore acidosoluble mesuré au champ ne serait qu'une valeur approximative représentant un ordre de grandeur.

En étudiant les variations obtenues pour un échantillon de sol sableux, enrichi au champ, par un engrais peu de temps avant son prélèvement (graphique n° 2, échantillon n° 1 776), on s'aperçoit que la fixation du phosphore n'est pas régulière. Il est possible d'observer des variations en dents de scie, autour d'un niveau moyen s'abaissant progressivement. A chaque cycle, l'amplitude des variations diminue et les niveaux atteints sont de plus en plus faibles, se rapprochant du taux du sol non enrichi. Ce n'est que progressivement que la fraction paraissant définitivement fixée augmente, une partie du phosphore initialement rétrogradée peut redevenir passagèrement acidosoluble, puis être fixée à nouveau.



BARBIER et CHABANNES (11) avaient déjà montré que, dans un sol de limon, la rétrogradation de P_2O_5 ne consistait pas en une immobilisation définitive et qu'on pouvait en extraire une certaine partie en traitant le sol avec une solution H_2SO_4 à 2N/1 000.

L'apport d'un engrais phosphaté soluble provoque une perturbation dans le taux du phosphore acidosoluble, perturbation qui n'est que progressivement amortie, par la mise en jeu du sys-

tème équilibrant le taux du phosphore acidosoluble avec les autres formes du phosphore en fonction des caractéristiques physico-chimiques de ce sol.

Deux essais ont été faits, également avec des échantillons de sol enrichis au champ par brûlis de la forêt, mais prélevés seulement deux ans aprés le brûlis, ce qui permet de supposer qu'un début de fixation a sans doute déjà eu lieu dans les conditions naturelles. Les variations observées sont alors du même type que celles d'un sol non enrichi et non pas d'un sol enrichi en engrais peu de temps avant le prélèvement. Or, au champ la rétrogradation sous couverture s'est poursuivie, pour, finalement, atteindre un taux de phosphore acidosoluble beaucoup plus faible. Ainsi, en boîte de Pétri, le sol ne fixe apparemment plus de phosphore alors que dans les conditions naturelles la fixation continue. On peut donc avancer les hypothèses suivantes :

ou bien le sol en place est soumis à des facteurs de fixation plus intenses, ce qui paraît peu vraisemblable ;

ou bien la fixation n'a pas lieu sur place, mais dans la couche de sol sous-jacente, où le phosphore soluble est amené par l'entraînement de la solution du sol au moment des pluies,

ou bien la plante de couverture a prélevé le phosphore nécessaire à sa croissance.

* * *

ENRICHISSEMENT AU LABORATOIRE

Pour éviter les cas particuliers, vu le petit nombre d'échantillons enrichis au champ que nous possèdions, nous avons procédé à des enrichissements au laboratoire.

Afin de ne pas avoir une quantité trop infime de phosphate bicalcique à mélanger à un sol, et aussi pour ne pas avoir à trop diluer les solutions d'extraction pour le dosage, nous avons choisi un enrichissement moyen arbitraire de 200 ppm de $P_2\,0_5$ acidosoluble soit 200 mg de phosphate bicalcique pour 200 g de sol ; le mélange reste délicat pour arriver à une bonne homogénéité. Ainsi tous les dosages étaient effectués en triple ou en quintuple, le résultat obtenu étant le chiffre médian (pas de différence dans l'interprétation avec la moyenne arithmétique).

L'enrichissement par une solution phosphatée a été évité, quelques dosages préliminaires nous ayant montré que dès la première dessiccation plus de 40 % du phosphore soluble introduit était rétrogradé. Par ailleurs la forme pulvérulente se rapproche plus des conditions de l'apport d'engrais en culture.

Bien qu'introduisant toujours 20 mg de phosphate bicalcique pour 200 g de sol, les taux initiaux mesurés de $P_2\,O_5$ acidosoluble variaient assez grandement pour les deux raisons suivantes : d'une part nous ne nous sommes pas toujours servi du même phosphate bicalcique pendant toute la durée des essais pour l'enrichissement. Or, les teneurs en $P_2\,O_5$ acidosoluble des phosphates bicalciques varient assez considérablement.

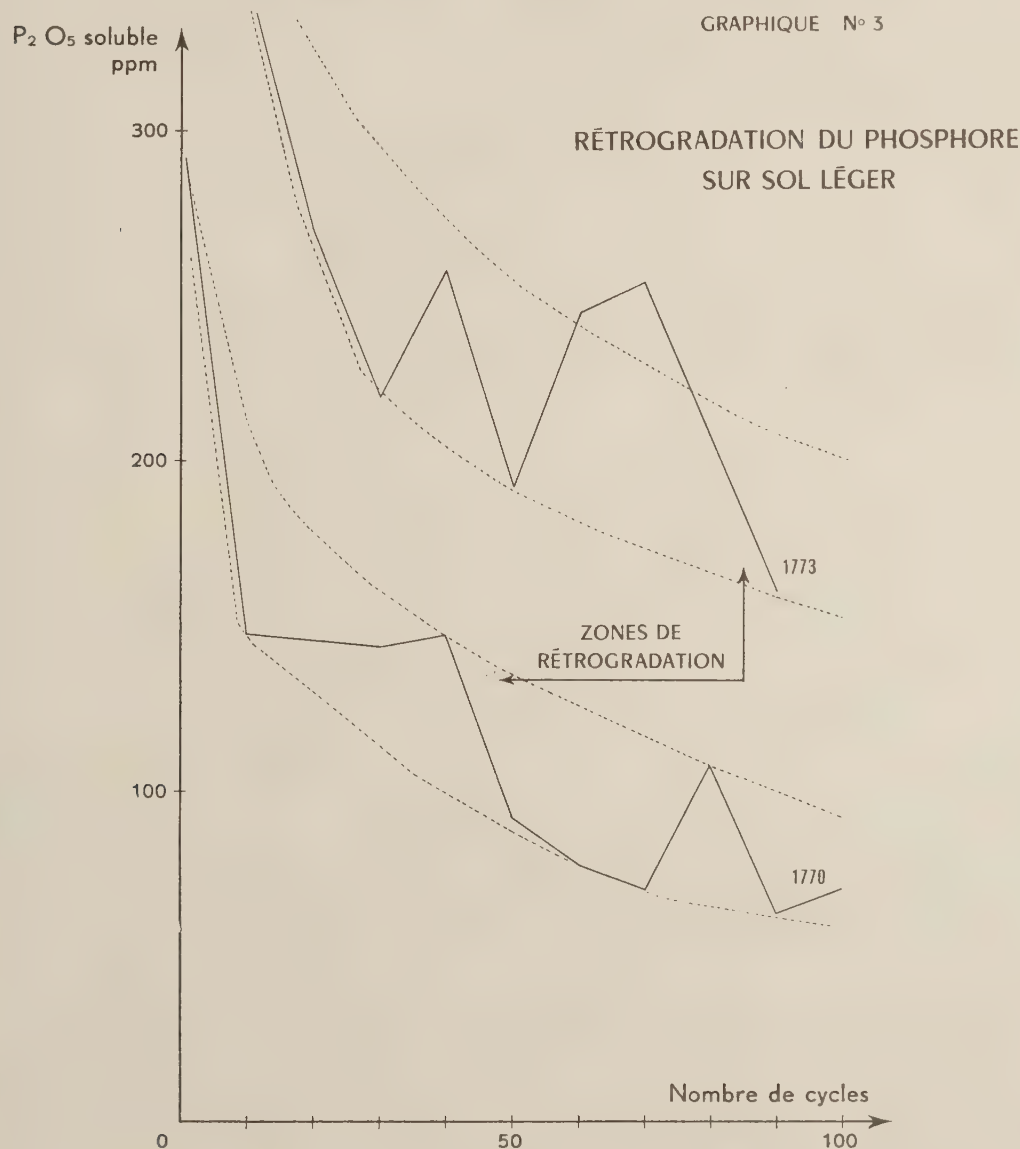
Tableau 3. — Taux de P_2O_5 acidosoluble des phosphates bicalciques %

	Premier échantillon	Deuxième échantillon	Troisième échantillon	Moyenne
Phosphate blanc	38,4	39,2	39,6	39,1
Phosphate gris (premier sac)	30,7	32,1	33,3	32,0
Phosphate gris (deuxième sac)	29,9	31,8	32,2	31,3
Phosphate terreux	23,8	25,5	27,9	25,7
Autre phosphate	20,5	20,1		20,3

D'autre part, si, théoriquement, le temps d'extraction du phosphore acidosoluble par la méthode Truog est suffisamment court, pour qu'il ne se produise pas une refixation du phosphore passé en solution, nous avons supposé, cependant, qu'en présence d'une quantité importante de phosphore dans la solution il pouvait y avoir une fixation. Ainsi en agitant 2 g de sol pendant une demi-heure avec 400 ml de solution de Truog contenant 1,05 γ/ml de $P_2\,O_5$, soit un apport rela-

tif au sol de 210 ppm, nous avons obtenu après essai avec différents sols une fixation maximum de 40 ppm. Or, on peut prévoir des fixations encore plus importantes, car le sol ayant donné ce chiffre de 40 ppm avait une capacité de sorption, pour le phosphore, inférieure à celle de certains sols mis en comparaison dans cette étude.

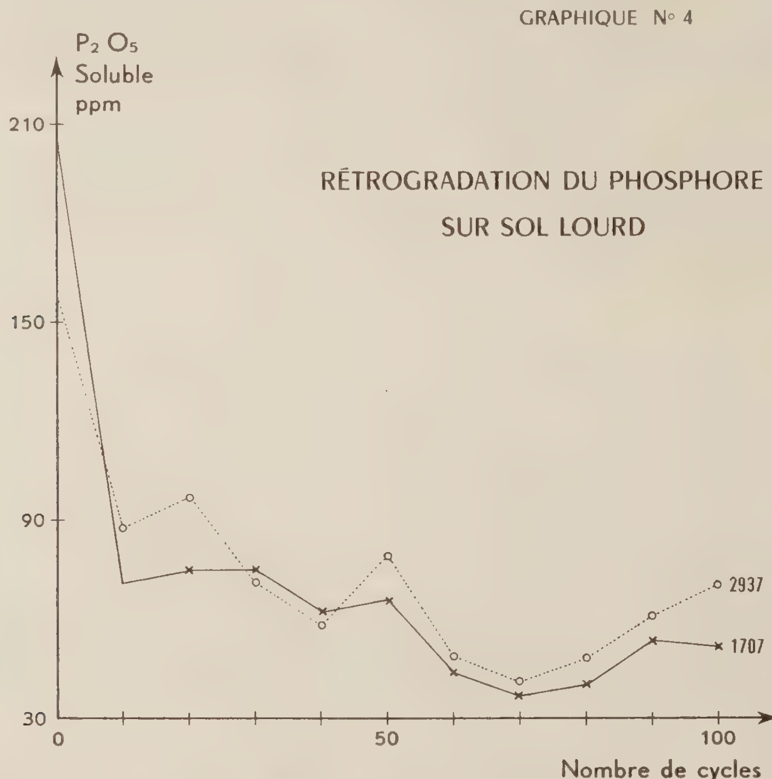
Nous avons alors suivi la rétrogradation du phosphore acidosoluble pour huit sols rouges latéritiques enrichis au laboratoire et contenant de 6 % à 74 % d'éléments fins (argile + limon).



Pour les deux échantillons très sableux (moins de 10 % d'éléments fins), la fixation paraît s'effectuer selon les mêmes caractères que dans le cas du sol sableux enrichi au champ peu de temps avant le prélèvement. Le nombre de cycles H-D paraît avoir été insuffisant pour atteindre un taux de phosphore acidosoluble proche de l'équilibre final (graphique n° 3).

Par contre, pour tous les autres échantillons (graphique n° 4) on observe d'abord une diminution initiale d'environ 150 ppm ou plus, puis une légère remontée. Mais, à partir de ce moment, les chiffres obtenus semblent se tenir au voisinage d'une valeur moyenne variable selon les sols. Il semble que l'on arrive à un équilibre stable, mais le niveau ainsi atteint ne correspond pas à un taux remarquable du taux de phosphore acidosoluble dans les sols comme le prouveront les expériences suivantes.

GRAPHIQUE N° 4



L'étude détaillée de la rétrogradation, pendant les dix premiers cycles pour un sol non sableux, montre qu'il existe des variations importantes pour un même sol dans la rétrogradation pour des conditions expérimentales pratiquement identiques. Mais au bout de cinq ou six cycles, les niveaux atteints restent dans une même zone. Dès le premier cycle H-D, la rétrogradation dans le cas où elle est le moins accentuée, atteint près de 40 % du phosphore ajouté.

L'influence de l'épaisseur de la couche de sol dans la boîte de Pétri entre le millimètre et le centimètre est nulle pourvu que l'ensemble du sol soit totalement humecté.

Nous avons mis précédemment en évidence que la rétrogradation du phosphore acidosoluble était ralentie sous couverture. *A priori* la couverture peut agir soit par l'ombre qu'elle apporte, soit par l'humidité qu'elle maintient, soit par le renouvellement du phosphore acidosoluble par destruction de la matière organique formée. Réservant cette dernière possibilité pour des études ultérieures, nous avons voulu vérifier l'influence particulière des facteurs ainsi incriminés : ombre et soleil, humidité et dessiccation. Dans une expérience, un même échantillon de sol constitue quatre séries de boîtes de Pétri contenant chacune 15 g de terre enrichie à 270 ppm, les séries subissant chacune un traitement différent :

1) Cycle H-D à l'ombre.
2) Sans cycle : humectation continuelle à l'ombre.
3) Cycle H-D au soleil.
4) Sans cycle : humectation continuelle au soleil.

Les traitements 2) et 4) subissaient une dessiccation à l'ombre au moment où le dosage devait avoir lieu pour permettre le prélèvement. Les dosages avaient lieu tous les dix cycles, le traitement 2) simultanément avec le traitement 1), le 4) simultanément avec le 3).

Tableau 4. Variation du taux de phosphore acidosoluble sous l'influence de l'ombre, du soleil, de l'humidité et de la sécheresse

Traitements	Nombre de cycles			
Numéro	0	10	20	30
1	270	158	166	188
2	270	194	192	220
3	270	170	164	92
4	270	170	182	180

En comparant les traitements 1) et 3), il ressort que les cycles H-D se passant à l'ombre provoquent une rétrogradation moindre qu'au soleil. Si l'humectation reste constante, aussi bien à l'ombre qu'au soleil, la rétrogradation est du même ordre de grandeur, et il n'est pas exclu qu'elle soit partiellement due à la dessiccation nécessaire avant pesée pour le dosage. Il semble donc que la rétrogradation se produise principalement au moment de la dessiccation du sol, et qu'elle soit plus importante si la température est plus élevée.

* * *

ENRICHISSEMENTS SUCCESSIFS

Nous avons constaté précédemment que la rétrogradation du phosphore acido-soluble d'un échantillon enrichi au laboratoire s'arrêtait à un certain taux, lequel n'avait point à notre avis une signification exceptionnelle. Par ailleurs, nous avons vu qu'un sol enrichi au champ par brûlis de la forêt et prélevé au bout d'un temps relativement long (deux ans) ne présentait aucun phénomène de rétrogradation dans les conditions d'expérience au laboratoire.

Des mesures du pouvoir de fixation de ces sols pour le phosphore nous permettent d'affirmer que la saturation n'est cependant pas atteinte. Ceci nous conduit à émettre l'hypothèse que la rétrogradation est un phénomène d'équilibre : pour qu'il y ait rétrogradation, il faut que la solution du sol ait une concentration suffisamment forte en l'élément considéré, de façon que le potentiel de la solution (ou énergie libre) en cet élément soit plus élevé que celui des ions absorbés sur les colloïdes du sol.

Nous avons effectué alors plusieurs expériences ayant pour but de montrer, d'une part, qu'une suite de réenrichissement du sol provoque toujours une nouvelle fixation, d'autre part, que plus l'enrichissement est important, plus la fixation en valeur absolue est importante du fait que le potentiel très élevé de la solution permet un potentiel final plus grand des ions absorbés, d'où une plus grande quantité d'ions fixés.

Reprenant le sol provenant du brûlis de forêt, nous l'avons enrichi d'environ 300 ppm de P_2O_5 acido-soluble et nous avons mesuré tous les dix cycles H-D, le taux de phosphore acido-soluble restant.

Taux du phosphore acidosoluble en ppm

		Nombre de cycles après enrichissement										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Avant enrichissement	47	340	170	215	220	162	242	214	214	214	—	198
Rappel pour le sol non enrichi	47	47	39	31	28	38	43	34	41	48	42	34

Le taux final se stabilise autour de 200 ppm. Donc le réenrichissement, augmentant le potentiel des ions de la solution, permet une nouvelle rétrogradation du phosphore acido-soluble, mais le taux final est beaucoup plus élevé que pour le sol non enrichi une seconde fois, le potentiel des ions absorbés s'étant élevé lui aussi.

La seconde expérience est conçue de façon à apporter une même quantité de phosphore acido-soluble en une ou plusieurs fois selon le schéma suivant :

Enrichissement total de 711 ppm

			N° du traitement
En une seule fois au début			1
En deux fois	356 + 356 ppm	2e enrichissement au 30e cycle	2
		2e — 60e —	3
	474 + 237 ppm	2e — 30e —	4
		2e — 60e —	5
	237 + 474 ppm	2e — 30e —	6
		2e — 60e —	7
En trois fois	237+237+237 ppm	(à 0-30 et 60 cycles)	8

L'enrichissement se faisait à l'aide d'une solution de phosphore monopotassique contenant 331,5 γ/cm^3 :

soit 10 cm^3 pour 14 g de sol pour un enrichissement de 237 ppm

soit 15 cm^3 pour 14 g de sol pour un enrichissement de 356 ppm

soit 20 cm^3 pour 14 g de sol pour un enrichissement de 474 ppm

soit 30 cm^3 pour 14 g de sol pour un enrichissement de 711 ppm

Tableau 5

Variation du taux de phosphore acidosoluble

Numéro du traitement	Taux théorique 0 cycl.	10 cycles	20	30	31 taux théor.	40	50	60	61 taux théor.	70	80	90	100
1	711	210	226	150	—	196	197	197	—	153	177	143	161
2	356	111	74	85	441	202	272	228	—	226	186	166	176
3	356	111	80	80	—	90	78	87	443	199	137	169	177
4	474	176	134	106	343	202	181	175	—	191	175	200	176
5	474	130	143	125	—	127	125	103	340	175	159	175	175
6	237	50	53	50	524	247	231	181	—	181	175	225	179
7	237	80	53	51	—	52	27	62	536	241	193	187	182
8	237	96	59	55	292	195	112	108	345	198	182	180	180

Cette expérience montre bien que le taux final d'équilibre pour un même sol dépend uniquement de la quantité introduite. Ainsi au trentième cycle, le taux d'équilibre est rigoureusement en proportion avec la quantité introduite au début d'expérience (ordre décroissant 1, puis 4 et 5, puis 2 et 3, puis 6, 7 et 8) tandis qu'en fin d'expérience, où chaque traitement a reçu la même quantité de phosphore soluble, les taux sont pratiquement identiques (161 à 182 ppm). La place du cycle, où l'introduction est faite, reste sans importance pourvu qu'il reste au moins une trentaine de cycles avant l'arrêt de l'expérience.

Enfin une troisième expérience avait pour but de mesurer la variation de la rétrogradation pour un enrichissement de plus en plus important.

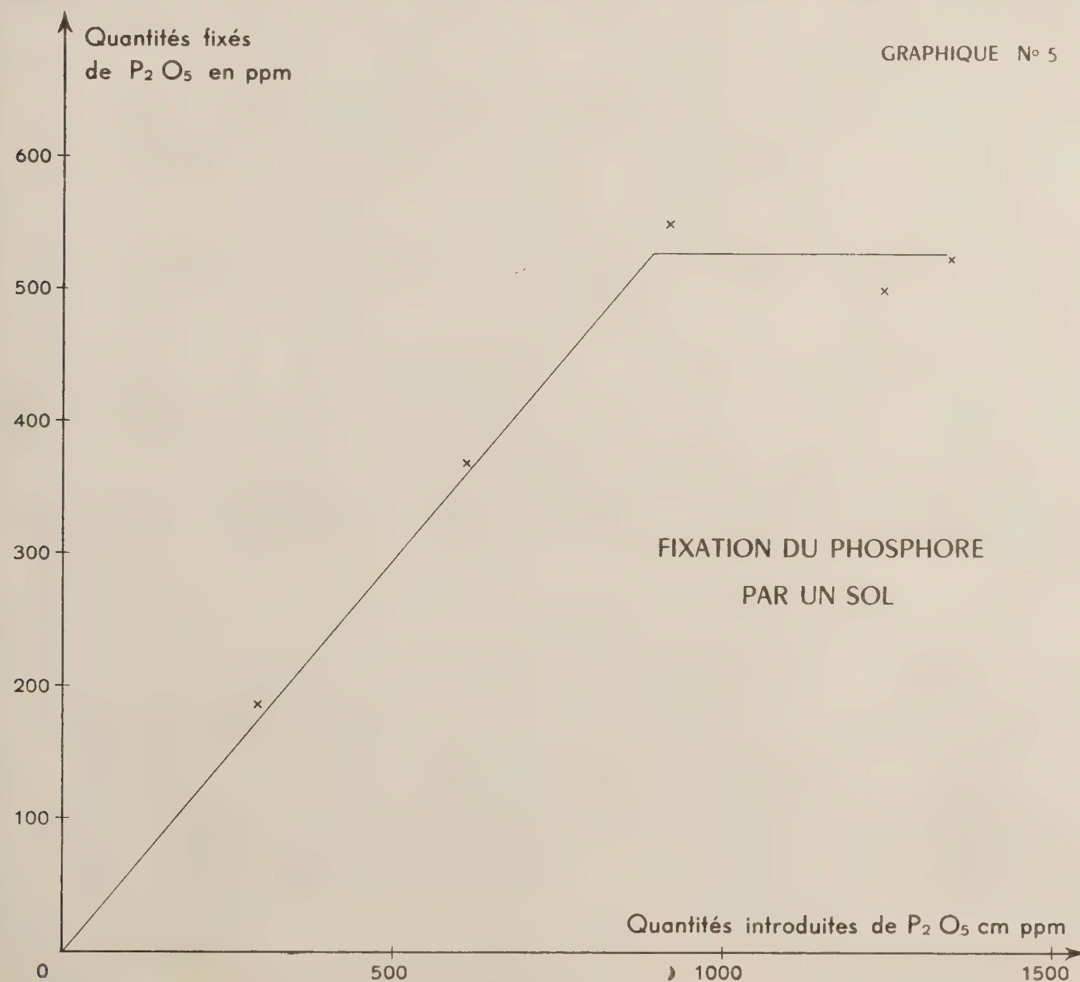
TABLEAU 6. — VARIATION DU TAUX DE PHOSPHORE ACIDOSOLUBLE SOUS L'INFLUENCE DU CYCLE H-D POUR DES ENRICHISSEMENTS INITIAUX VARIABLES

Traitement	Nombre de cycles										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	305	250	160	175	150	175	170	122	126	106	126
2	615	510	370	—	—	380	445	205	180	295	330
3	920	920	—	620	760	—	—	360	350	420	470
4	1.250	1.060	1.190	1.060	900	610	800	700	670	820	830
5	1.350	1.040	—	840	940	920	1.000	1.030	840	800	700

Si l'on calcule la quantité fixée en prenant pour dernier chiffre la moyenne des quatre dernières mesures ou le niveau atteint le plus bas, on obtient :

	Moyenne des quatre dernières mesures	Niveau le plus bas
305 — 120 = 185	185	200
615 — 250	365	435
925 — 400	545	575
1 250 — 755	495	640
1.350 — 830	520	650

Si l'on porte en abscisses les quantités introduites et en ordonnées les quantités fixées (graphique n° 5), on obtient, tout d'abord, un accroissement de la fixation proportionnel à la dose



apportée, puis, ensuite, la fixation reste indépendante du taux des apports : la capacité de fixation de sol doit être complètement saturée.

L'allure de la courbe reste la même, que l'on prenne comme dernier chiffre pour calculer la fixation, la moyenne des deux derniers ou des quatre derniers chiffres, ou encore le niveau le plus bas atteint. Seules varient l'échelle de proportionnalité et la capacité de fixation, mais nous ne nous proposions pas de mesurer celle-ci de façon précise.

* * *

CAPACITÉ DE FIXATION D'UN SOL

Les travaux de DEMOLON et BARBIER ont dégagé dans les études sur le phosphore la notion de concentration critique d'équilibre, pour laquelle une solution enrichie en phosphore en contact avec le sol ne cède ni ne fixe de phosphore, ou du moins pour laquelle les échanges sont équivalents. Cette concentration d'équilibre tiendrait compte :

de la masse des réserves d'anhydride phosphorique,
du pouvoir fixateur du sol vis-à-vis de cet élément.

La concentration critique s'est exprimée en milligrammes de P_2O_5 par litre pour 100 grammes de sol agité dans un litre de solution acétique pendant deux heures. C'est-à-dire que le nombre de milligrammes multiplié par 10 donne la teneur en ppm de sol pour laquelle le taux d'équilibre reste inchangé. DEMOLON donne l'échelle suivante, pour les sols des régions tempérées :

$C < 3,0$: besoin élevé : terres granitiques, limons vierges,
$3 < C < 30$: besoin variable : toujours positif, cas de beaucoup de sols de culture.
$C > 30$: aucun besoin : limons très enrichis et terres cultivées à faible pouvoir absorbant.

JACQUES-FELIX et CHEZEAU (12) dans une communication attirent l'attention sur l'utilité de la connaissance du pouvoir fixateur des sols en anhydride phosphorique pour les sols tropicaux en se servant de la notion de concentration critique d'équilibre.

La notion de concentration critique d'équilibre se complète par celle de doses isodynames de DEMOLON et BOISCHOT (13), c'est-à-dire des doses d'engrais nécessaires pour élever d'une même quantité la concentration de la solution du sol dans des sols différents.

Nous avons effectué quelques mesures de concentration critique d'équilibre sur les sols de la République Centrafricaine : la valeur C est généralement très faible.

Afin de garder une certaine unité dans nos méthodes de dosage, nous avons conservé, comme liqueur de contact, le réactif de TRUOG, son défaut d'être insuffisamment tamponné étant très atténué du fait que nous nous adressions à un groupe de sols acides. Ce réactif peut convenir car, comme l'acide acétique, il est réputé ne pas dissoudre les sesquioxydes : un temps de contact suffisamment long doit donc permettre à ces derniers de faire sentir leur influence fixatrice.

La teneur des sols latéritiques en phosphore acido-soluble est en général très faible, le plus souvent inférieur à 10 ppm. On peut donc s'attendre à obtenir une valeur de la concentration critique d'équilibre inférieure à 3 mg/litre. C'est effectivement ce qui a lieu.

TABLEAU 7

VALEUR DE C DANS DES SOLS LATÉRITIQUES DANS DIVERSES CONDITIONS EN SOLUTION DE TRUOG

Numéros du sol	Teneur en (argile + limon)	P_2O_5 acidosoluble en même unité que C	C pour 2 g dans 400 cm^3-1/2 h. agitation	C pour 10 g dans 400 cm^3-2h. agitation
2806	11,2	0,22	0,23	0,35
2809	29,3	0,05	0,14	0,08
2812	61,3	0,32	0,20	0,05
2821	91,0	0,05	0,10	0,03
2823	80,9	0,03	0,09	0,02
2827	50,0	0,07	0,13	0,02

Plus on se rapproche des conditions de Demolon (rapport sol/solution de 1/10e et durée d'agitation de deux heures), plus la valeur C est faible. Toutefois, il faut noter l'obtention de valeurs plus importantes pour des sols défrichés enrichis par brûlis de la forêt notamment.

Blanchet (14) avait déjà montré que dans les sols tropicaux riches en hydroxydes métalliques, les concentrations critiques d'équilibre sont faibles, même si les quantités de phosphore absorbé sont fortes.

Les essais, commencés avec 2 g de terre et un temp d'agitation très court, dans le but de se rendre compte si nous obtenions des courbes analogues à celles de Demolon, nous révélaient les points suivants :

1) On obtient des courbes approximativement de la même forme que celles de Demolon.

2) Les valeurs obtenues sont très faibles et ne permettent pas de faire utilement des différences dans les sols latéritiques. Si on augmente le rapport sol/solution (10, 20, 40 grammes de terre pour 400 cm³ de solution) et le temps d'agitation de une demi-heure à deux heures, les valeurs de C obtenues restent très faibles. Nous avons donc renoncé à les calculer.

3) Le début de courbe n'est pas identique pour tous les sols : au lieu d'avoir toujours une augmentation de la concentration finale, en augmentant la concentration initiale de la solution, nous avons constaté une fois l'existence d'un palier, une autre fois une diminution, faits que nous avons vérifiés pour des rapports sol/solution de 1/40e.

4) A un niveau de concentration initiale suffisamment élevée, pour toute augmentation de cette concentration, on constate une augmentation identique de la concentration finale : on en déduit qu'il est possible de saturer le pouvoir de sorption du sol en phosphore et de connaître sa valeur.

Nous avons alors orienté nos travaux sur la mesure du pouvoir de fixation des sols latéritiques pour le phosphore.

Ayant conservé comme solution de contact, la solution de Truog, nous avons seulement testé l'influence du rapport sol/solution et de la durée d'agitation. Avec un sol sableux, l'équilibre sol/solution paraît atteint avant deux heures, tandis que pour un sol argileux, trois heures de contact ne suffisent pas si le rapport sol/solution est de 1/40e. Nous avons alors cherché le temps et le rapport nécessaires pour un sol contenant 63,6 % (d'argile + limon).

Rapport sol/solution	Concentration initiale en mg	Reste en solution en mg/litre après :								
		0 h 30	1 h	1 h 30	2 h	2 h 30	3 h	3 h 30	4 h 1/4	4 h 3/4
1/40e	3,10	1,12	0,97		0,57		0,42		0,27	0,17
1/40e	5,50	2,85	2,50	2,10	1,80			1,30		
1/20e	3,10	0,37	0,27		0,08		0,08			0,10
1/20e	5,50	1,35	1,05	0,70	0,65	0,70		0,50		

Nous nous sommes donc finalement arrêtés à une méthode comportant l'agitation pendant deux heures de 20 grammes de sol dans 400 cm³ de solution.

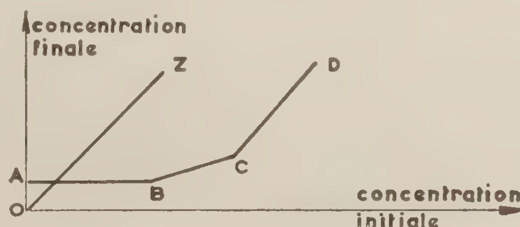
Dans la suite des essais, les résultats des mesures faites sur la concentration initiale et la concentration finale de la solution en P_2O_5 étaient transformés par rapport à la quantité de sol introduite afin de pouvoir exprimer la capacité de sorption du sol en ppm et de faciliter la comparaison d'un essai à l'autre.

L'étude d'une courbe de la concentration finale de la solution en fonction de la concentration initiale montre qu'il est possible de distinguer schématiquement trois parties :

une partie initiale AB sensiblement parallèle à l'axe des abscisses et plus ou moins longue selon el pouvoir fixateur des sols ;

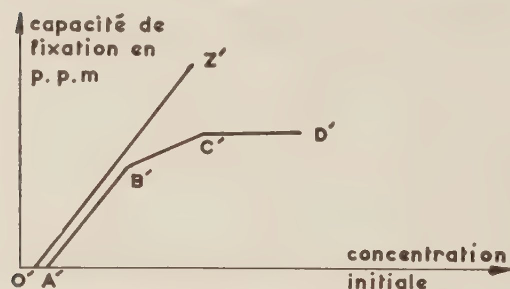
une partie médiane BC inclinée par rapport à l'axe des abscisses, où la concentration finale de la solution augmente en même temps que la concentration initiale mais moins rapidement ;

une partie CD où la courbe finale devient parallèle à la bissectrice OZ : la concentration fina-



le de la solution augmente de la même quantité que la concentration initiale : le sol ne fixe plus de phosphore.

Si au lieu de représenter les concentrations finales, on inscrit, en ordonnées, les quantités de phosphore fixées par le sol pour chaque concentration initiale, on obtient un graphique sur lequel la bissectrice O′Z′ représente la valeur maximum de phosphore que le sol pourrait fixer pour chaque valeur de la concentration initiale :



A′B′ est la partie de courbe pour laquelle le sol est très avide de phosphore : pratiquement tout le phosphore contenu dans la solution est absorbé par le sol.

B′C′ représente une augmentation de la capacité de sorption du sol pour le phosphore, mais qui est fonction de l'augmentation de la concentration de la solution. Tout se passe comme si la fixation du phosphore se faisait à un niveau requérant une plus grande énergie, en l'occurrence une plus forte concentration des ions PO_4... du milieu. La fixation a alors lieu comme une réaction d'équilibre, sa valeur augmentant progressivement d'une fraction de l'accroissement de la concentration initiale.

C′D′ finalement atteint représente la partie, où la capacité de fixation du sol n'augmente plus, quelle que soit la valeur atteinte par la concentration initiale de la solution : le pouvoir de sorption du sol est saturé.

Il est évident que le pouvoir de sorption ainsi défini est arbitraire, au moins en valeur absolue. Il correspond au pouvoir de sorption en présence d'une solution acide en milieu sulfurique, diluée et tamponnée.

La représentation figurée sur les graphiques est schématisée, mais l'étude plus précise des courbes expérimentales montre que le changement de pente est brutal et que les différentes phases de la fixation semblent se faire selon des relations linéaires et non curvilignes.

Chaminade (15) avait remarqué que la quantité de $P_2 O_5$ fixé augmente avec la concentration de la solution en contact avec le sol, mais qu'en valeur relative, la fixation est plus intense, avec les solutions de faible concentration. Cette remarque est très compréhensible d'après nos courbes, et montre le peu de valeur représentative de la fixation mesurée en pourcentage de la quantité introduite.

Les difficultés dans la mesure de la capacité de fixation d'un sol pour le phosphore proviennent du fait que, pour un sol donné, on ne peut connaître, à priori, les concentrations initiales de $P_2 O_5$ nécessaires dans la solution pour être sûr de se trouver dans la partie CD de la courbe ; par contre le point B est plus facile à déterminer, et sa position peut être trouvée pour des concentrations initiales variant généralement de 5 à 50 mg/l. En général, plus AB est long, plus la capacité de fixation du sol est importante. La valeur correspondant à AB soit YG peut s'appeler « capacité de fixation immédiate ».

Cette valeur YG ne dépend pas du rapport sol/solution si les conditions d'expérience, et plus particulièrement la durée de contact, sont suffisantes pour permettre d'arriver à un état d'équilibre sol/solution à la concentration finale (voir le tableau nº 8).

Tableau 8

Influence du rapport sol/solution sur la capacité de fixation immédiate

Nº sol	Argile + limon	Durée agitation	Rapport sol/solution		
			10 g/400 cm³	20 g/400 cm³	40 g/400 cm³
1533	57,6 %	2 heures	56 ppm	52 ppm	48 ppm
1533		3 heures	48 ppm	54 ppm	48 ppm
2806	11,2 %	2 heures	12 ppm	14 ppm	—

La valeur de la capacité de fixation totale est celle pour laquelle la capacité de fixation n'augmente plus quand la concentration initiale de phosphore de la solution de contact s'accroît. On peut estimer alors que le pouvoir de sorption du sol est saturé.

La courbe générale que nous avons présentée, peut montrer quelques variations selon les sols. Dans le cas de sols ayant une très grande capacité de fixation, la partie B'C' comprend deux droites de pente différente, la première étant très peu déviée par rapport à la partie A B'. Au contraire, dans le cas de sol ayant une très faible capacité de fixation, la partie A'B' ne semble pas exister, et l'on trouve tout de suite B'C' : c'est souvent le cas de sols sableux. Dans les sols médians, la partie A'B' est d'autant plus longue que le sol a une capacité de fixation plus importante.

Tous nos résultats ont été obtenus sur des sols complets. Néanmoins RAGLAND et SEAY (16), dans leur étude consacrée à la fixation du phosphore par une argile, obtiennent des résultats semblables aux nôtres.

La figure 4 de leur mémoire donne le pourcentage de phosphore fixé par rapport à celui introduit, pour une argile pure à différents pH, la dose introduite variant également. Si à partir de cette figure, on calcule soit le phosphore restant en solution, soit le phosphore fixé en ppm, on obtient des courbes analogues aux nôtres.

TABLEAU 9

VALEUR DE LA FIXATION DU PHOSPHORE EN PPM POUR UNE ARGILE PURE (EXPÉRIENCE RAGLAND ET SEAY)

Concentration initiale en ppm	Valeur des pH					
	4,1	4,3	4,7	5,2	6,1	7,1
100	65	65		65	65	70
350	145	145	145	145	145	181
800	303	290	282	255	290	297
2000	620	568	552	432	414	380
4000	656	656	656	656	516	516

Ce tableau laisse supposer que l'argile étudiée a une capacité de fixation d'environ 650 ppm pour des valeurs de pH inférieurs à 5,2. Aux valeurs supérieures du pH, il semble que la fixation se fasse plus lentement et la valeur de 516 ppm ne semble pas correspondre à la capacité de fixation totale de l'argile. Il faudrait des concentrations initiales de la solution beaucoup plus élevées.

Les valeurs que nous avons obtenues pour différents sols de la République Centrafricaine sont les suivantes :

Nº sol	Argile	Limon	Sommes des éléments fins	pH	Capacité de fixation totale
1767	4,3	1,8	6,1	6,65	100 ppm
1716	20,5	3,9	24,4	5,45	> 750
1425	40,0	12,3	52,3	5,75	450
1578	47,8	11,4	59,2	5,15	450
1530	58,5	15,9	74,4	5,75	> 750
2937	42,3	13,2	55,5	—	>1.200
1707	44,5	9,7	54,2	5,20	>2.000

Ce court tableau montre qu'il n'y a pas de proportionnalité étroite entre la capacité de fixation totale et la teneur en éléments fins du sol.

Les sesquioxydes sont probablement aussi en corrélation avec la capacité de fixation. Plusieurs auteurs (17) ont montré que l'aluminium extrait par la méthode de TAMM donne une corrélation très significative avec le pouvoir de sorption du sol pour le phosphore. D'autres (18) admettent que l'argile agit sur la rétention des phosphates surtout par le fer adsorbé qu'elle contient (19).

* * *

ALIMENTATION EN PHOSPHORE DES PLANTES

Demolon dans son étude sur la dynamique des sols (6) exprime l'idée suivante : « les méthodes chimiques ne peuvent prétendre qu'à la détermination du stock d'un élément sous une forme plus ou moins labile considérée comme assimilable. Il ne faut pas s'attendre à une corrélation étroite et constante entre les réserves ainsi évaluées et leur utilisation par la plante. La notion de réserves traduit un niveau nutritif moyen, un potentiel auquel peut correspondre une intensité variable. La notion d'utilisation par la plante fait intervenir les conditions de milieu influençant l'alimentation de la plante ».

Demolon admet ainsi que les éléments dosés comme assimilables ne représentent que des réserves dont l'utilisation par la plante est conditionnée par le milieu de sorte que l'on ne peut établir une bonne corrélation entre réserves et utilisation. Pour lui, en dehors des sols nettement riches ou pauvres, « l'interprétation des résultats analytiques relève des conditions locales et son degré de certitude est moindre ».

Schofield (20), dans l'étude de l'absorption de l'eau par les plantes, a unifié l'échelle de mesure de l'humidité du sol en introduisant les notions de potentiel ou d'énergie libre, concept thermodynamique. Le potentiel de l'eau dans un sol est plus bas que le potentiel de l'eau pure. Cet abaissement de potentiel peut être exprimé par une hauteur en centimètres, et le logarithme de cette hauteur est la valeur pF de l'eau du sol ou potentiel capillaire. D'après cette conception, l'eau est assimilable par les plantes si elle se trouve à un pF suffisamment bas, inférieur à 4,2. Deux sols ayant un même taux d'humidité, celui ayant le plus bas pF aura une eau plus facile à absorber par la plante. Toute l'eau pouvant être retirée par séchage à l'étuve constitue un « pool » de l'eau ayant un potentiel commun. Quand une petite quantité d'eau est retirée, il y a une réduction correspondante dans le potentiel de toute l'eau restant dans le « pool », et, inversement, une augmentation si de l'eau est ajoutée.

Récemment, le même auteur (21) suggérait qu'il en était de même pour le phosphore dans le sol. L'assimilabilité du phosphore du sol serait déterminée par « le potentiel chimique approprié et son taux de diminution en rapport avec le retrait du phosphore». D'après lui, les valeurs numériques significatives dépendent de l'espèce et de l'âge de la plante, des diverses conditions culturales telles que la température et le pH du sol.

Dans cette étude, le terme de « potentiel » est essentiellement pris dans le sens que lui donne Schofield dans le paragraphe précédent. Le sens que lui donne Demolon, synonyme de stock, est traduit ici par la notion « masse des réserves ».

Le terme « pool » employé plus haut se définit ainsi selon Barbier (22) : ensemble des ions de même espèce s'échangeant continuellement entre eux par autodiffusion. L'autodiffusion est l'ensemble des mouvements spontanés et permanents de particules diffusibles, se compensant statistiquement dans un milieu de concentration ou d'activités uniformes, c'est-à-dire ne modifiant pas la distribution moyenne de la substance dans l'espace.

On admet que le niveau de l'alimentation de la plante en un élément, déterminé par le diagnostic foliaire, dépend d'une part de caractéristiques particulières à la plante, se traduisant par une intensité d'alimentation propre à l'espèce, et, d'autre part, de la quantité disponible dans le sol. Cette dernière est fonction de la masse des réserves de cet élément d'une part et de son potentiel d'autre part. La masse des réserves d'un élément considéré ici, est constituée, à un moment donné, uniquement par les ions échangeables ou autodiffusibles de cet élément. Le potentiel peut être déterminé par une mesure directe (très rare) ou, plus souvent, par la mesure d'une conséquence de ce potentiel (vitesse de libération ou d'autodiffusion, ou de dilution isotopique), soit par la mesure des facteurs agissant sur la capacité de libération d'un élément par le sol (éléments fins, capacité de fixation totale pour un élément).

Pour le phosphore, la notion d'ions autodiffusibles, définis par Barbier (23) correspond à la masse des réserves de cet élément. C'est aussi la mesure du phosphore échangeable du sol.

Beaucoup de méthodes actuellement employées pour doser le phosphore dit « assimilable » correspondent le plus souvent au dosage d'une fraction de ce phosphore échangeable. On peut admettre qu'à l'intérieur d'un groupe de sols, sols ferrallitiques par exemple, cette mesure du taux de phosphore « assimilable » par une méthode donnée est proportionnelle au taux du phosphore échangeable dans certaines limites. Si l'on compare deux groupes de sols trop nettement différents, il faut recourir à la détermination du phosphore échangeable, le rapport fraction dosée/masse des réserves n'étant probablement pas constant en passant d'un groupe de sol à un autre.

Lorsque nous dosons le phosphore acidosoluble selon la méthode de TRUOG dans le groupe des sols ferrallitiques, nous dosons probablement une partie des ions P échangeables ou autodiffusibles. Mais, pour mettre en relation ce phosphore acidosoluble avec l'alimentation de la plante, nous pouvons prévoir d'assez nombreuses anomalies car nous ne tiendrons pas compte de la capacité de libération de l'élément phosphore par le sol. Une possibilité de tenir compte de la capacité de libération de l'élément par le sol est de considérer le taux d'éléments fins : nous savons que cette détermination est insuffisante car nous avons vu que la capacité de fixation totale du phosphore par l'un de ces sols n'est pas en proportionnalité étroite avec sa teneur en éléments fins. Déjà, d'autres auteurs, cherchant à déterminer le taux d'un élément assimilable dans le sol, pour lequel il y aura ou il n'y aura pas de réponse à un engrais, ont donné deux chiffres différents pour les sols légers et pour les sols argileux (DEMOLON, SAUNDER). Nous pensons qu'il est préférable d'établir un graphique donnant une variation continue du seuil considéré des sols légers jusqu'aux sols les plus argileux.

Dans les régions tropicales, certains taux limites sont connus pour quelques plantes. Ainsi pour le thé un minimum de 40 ppm de phosphore « assimilable » (méthode à l'acide citrique) est nécessaire pour une bonne alimentation phosphorée.

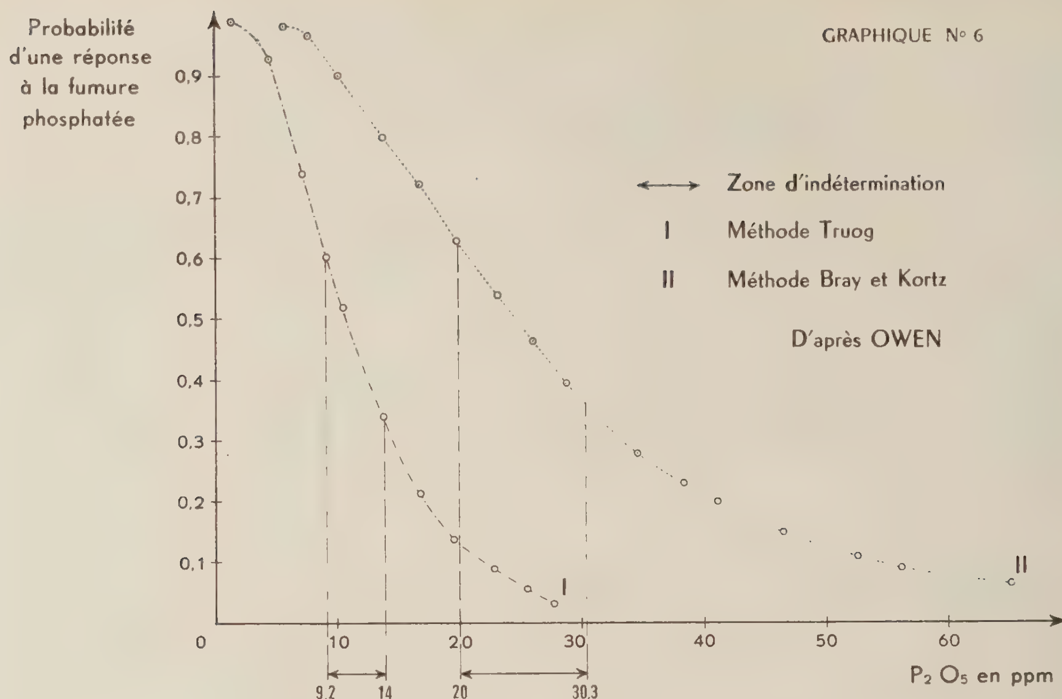
LAUDELOUT et ses collaborateurs (24) ont montré qu'au Congo-Belge, avec la méthode TRUOG, le coton ne donne pas de réponse aux engrais phosphatés pour une teneur de sol supérieure à 5 ppm d'après le tableau suivant :

Lieu	P_2O_5 acidosoluble du sol en ppm	Réponse aux engrais phosphatés
Niangara	2	oui
Bakouma	2	oui
Sol d'essai factoriel	4	oui
Buta	7	non
Bomili	10	non

Il convient de signaler que ces auteurs ont obtenu par la suite des réponses positives nettes aux engrais avec des sols à plus de 5 ppm de phosphore assimilable, en 1954.

Nous avons essayé de vérifier dans quelle mesure ces résultats pouvaient s'appliquer aux sols de l'Oubangui. CHANTRAN (25) a présenté en 1956 un travail résumant l'ensemble des essais d'engrais réalisés sur le territoire avant cette date. Les conclusions indiquant que les engrais phosphatés marquent sur le coton à Gambo et Gounouman et qu'ils n'ont pas d'influence à Grimari. Or les analyses de sol ont donné à Gounouman un taux de 2 à 4 ppm de phosphore acidosoluble, à Gambo un taux en général inférieur à 5 ppm et une fois un maximum de 7 ppm. A Grimari le sol est bien pourvu en phosphore acidosoluble dans certaines parcelles, beaucoup moins bien dans d'autres, les résultats de l'essai devraient varier avec l'endroit où l'essai est implanté comme pour les stations de Bambari et Dékoa. Le manque d'analyse de sol avant la mise en place des essais d'engrais ne permet pas de se prononcer sur l'intérêt général en Oubangui de l'échelle de fertilité proposée par les Belges.

OWEN (8) a fait une étude statistique très intéressante des possibilités de réponses de l'hévéa aux engrais phosphatés selon la teneur des sols en phosphore « assimilable » dosé soit par la méthode TRUOG soit par la méthode BRAY et KURTZ. Il n'existe pas de limites bien définies mais cette probabilité diminue plus ou moins vite à mesure que le taux du phosphore soluble s'élève, l'échelle variant selon la méthode. De l'étude d'OWEN, il semble que pour l'hévéa, avec la méthode TRUOG, au-dessous de 9 ppm la réponse aux engrais est presque certaine, tandis qu'au dessous de 14 ppm, elle devient très aléatoire (graphique n° 6).



APPLICATION A LA CULTURE DU CAFÉIER

Nous avons essayé de déterminer pour le caféier si de tels seuils existent et quelles sont leurs valeurs. Nous nous sommes surtout attachés à trouver un taux minimum, au-dessous duquel la réponse aux engrais sera presque certaine. Nous nous sommes servis des résultats du diagnostic foliaire pour déterminer si l'alimentation de la plante était convenable, en fonction de la teneur du sol en phosphore assimilable.

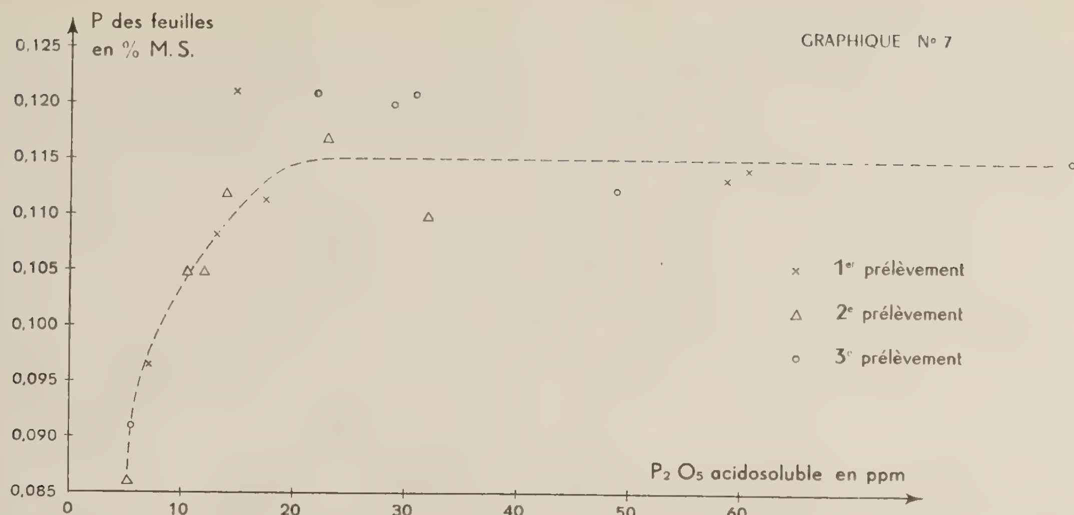
Les taux limites que nous avions pris pour base sont ceux fournis par LOUE (26)

ALIMENTATION	TENEUR EN P DE LA FEUILLE
Faible. Déficiente	inférieure à 0,11
Convenable....................................	0,11-0,15
De luxe	supérieure à 0,15

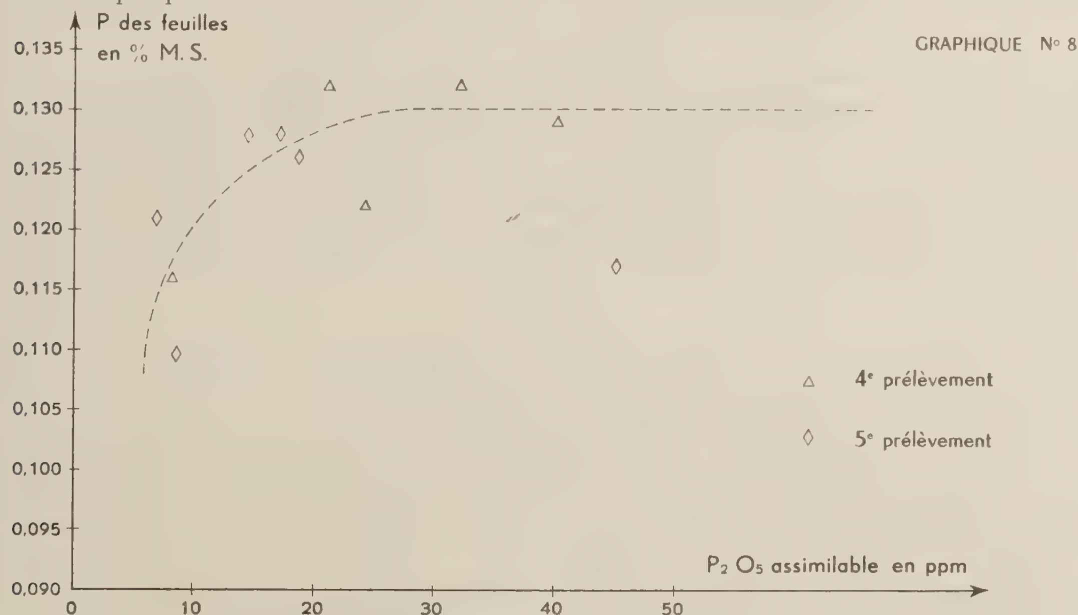
TABLEAU 10. — TENEUR EN P_2O_5 ACIDOSOLUBLE DU SOL ET EN P DES FEUILLES DE CAFÉIERS

Premier prélèvement		Deuxième prélèvement		Troisième prélèvement		Quatrième prélèvement		Cinquième prélèvement	
Sol en ppm	Feuille en % m.s.	sol	feuille	sol	feuille	sol	feuille	sol	feuille
25-4-56	13-4-55	30-9-55	20-7-56	30-7-56	9-7-56	3-4-57	10-4-57	26-7-57	24-6-57
7	0,096	6	0,086	5,6	0,091	8	0,116	8,8	0,109
61	0,114	12	0,105	108	0,115	112	0,127	45	0,117
59	0,113	14	0,112	22	0,121	40	0,129	17,2	0,128
13	0,108	32	0,110	49	0,112	24	0,122	13	0,120
15	0,121	23	0,117	31	0,121	32	0,132	18,8	0,126
17,6	0,111	11	0,105	29	0,120	21	0,132	18	0,128

Pour chaque date de prélèvement, nous avons représenté les résultats obtenus par des graphiques (n° 7 et 8), portant en abscisses le taux de P_2O_5 acidosoluble du sol et en ordonnées la teneur des



feuilles en P. Les courbes obtenues s'infléchissent toujours entre 15 et 20 ppm de phosphore acidosoluble dans le sol, ce qui correspond pour les jeunes caféiers à une teneur des feuilles de 0,115, et, pour les caféiers adultes, entrant en production à 0,130. Il semble donc possible d'estimer à 15 ppm le taux de phosphore acidosoluble nécessaire à une alimentation convenable du caféier.



Nous avons vérifié sur un essai d'engrais, si pour un taux de phosphore acido-soluble inférieur à 15 ppm, il existait toujours une augmentation de l'alimentation en phosphore de la plante avec un apport d'engrais relativement faible.

Les quantités d'engrais phosphatés apportés furent les suivantes en mars de chaque année pour les doses simples :

1954	30 g de phosphate bicalcique
1955	40 g — —
1956	50 g — —
1957	50 g — —

Il existait deux répétitions pour les doses simples et deux pour les doses doubles.

Nous avons considéré que l'effet de la fumure était nul, si la teneur en phosphore des feuilles de caféiers de la parcelle témoin était supérieure à l'une au moins des teneurs des feuilles de caféiers des parcelles fumées, positif si la teneur des feuilles pour les caféiers fumés était supérieure à celle des caféiers non fumés. Nous avons fait la comparaison pour quatre dates.

TABLEAU 11

RÉPONSE DES CAFÉIERS AUX ENGRAIS PHOSPHATÉS DANS LEUR ALIMENTATION EN P DANS LE CAS OU IL ÉTAIT PRÉVU UN EFFET POSITIF DE LA FUMURE (SOL CONTENANT MOINS DE 15 PPM DE PHOSPHORE ACIDOSOLUBLE)

Date	Teneur des feuilles de caféiers en % de la matière sèche			Effet de la fumure sur le taux de P de la feuille		Taux de P_2O_5 acidosoluble en ppm	Taux (argile + limon)
	parcelle témoin	dose simple d'engrais	dose double d'engrais	dose simple	dose double		
13/4/55	0,096	0,112-0,130	0,114-0,125	+	+	7	30,1
—	0,108	0,114-0,120	0,122-0,123	+	+	13	29,2
20/7/55	0,086	0,103-0,104	0,107-0,110	+	+	6	29,9
—	0,105	0,115-0,123	0,112-0,125	+	+	12	21,7
—	0,112	0,110-0,120	0,120-0,138	0	+	14	19,4
—	0,105	0,123-0,124	0,123-0,125	+	+	11	17,9
10/4/57	0,116	0,115-0,134	0,119-0,127	0	+	8	30,7
24/6/57	0,109	0,115-0,125	0,122-0,124	+	+	8,8	32,6
—	0,121	0,115-0,120	0,124-0,147	0	+	13	27,8

Ainsi, dans le cas d'une dose simple d'engrais, la fumure n'a d'effet que dans six cas sur neuf prévus. A chaque fois qu'il n'y a pas eu d'effet, le taux de phosphore des feuilles de caféiers de la parcelle témoin dépassait 0,11. Dans deux cas, le taux en phosphore du sol est très voisin du taux limite. Si l'on applique une dose double, la réponse a lieu dans tous les cas. Le seuil de 15 ppm proposé ne concerne que les caféiers donnant une récolte moyenne, l'application d'engrais, dont on détermine ainsi le besoin, n'aurait pour but que la correction d'une déficience prononcée.

Mais ce seuil de 15 ppm a été trouvé pour un sol contenant 20 à 30 % d'argile et limon. Nous avons voulu vérifier si ce seuil de 15 ppm se révélait valable dans d'autres conditions (tableau nº 12).

TABLEAU 12

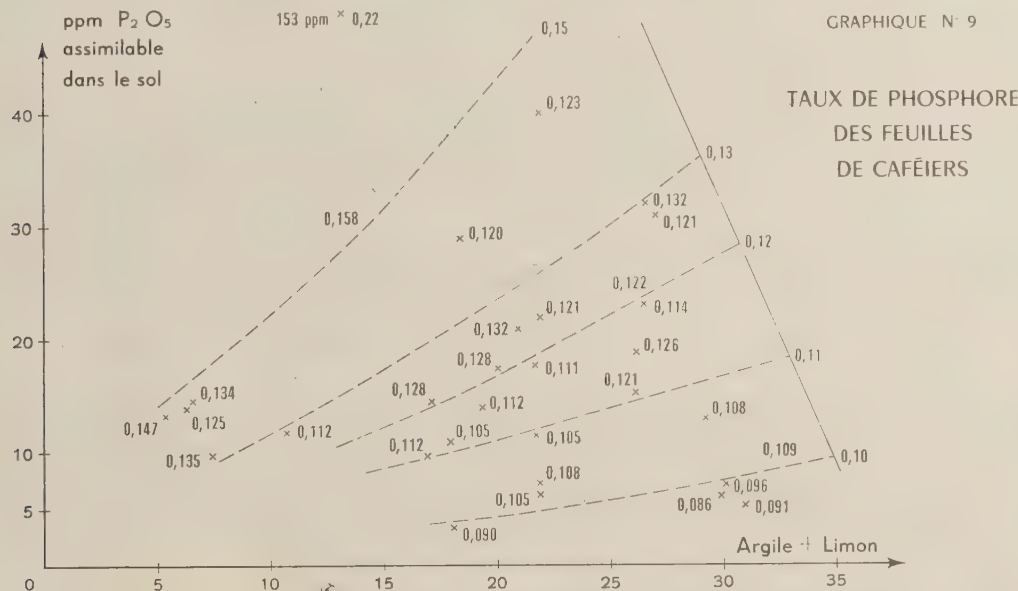
TENEUR DES FEUILLES DES CAFÉIERS EN P EN FONCTION DE LA TENEUR DU SOL EN ÉLÉMENTS FINS ET EN PHOSPHORE ACIDOSOLUBLE

Région	Taux de phosphore acidosoluble en ppm de sol	Taux d'éléments fins du sol (argile + limon)	Taux de la feuille de caféiers en P % M. S.	Observations
Station de Boukoko..	3 ppm	18	0,090	
	6 —	22	0,105	
	7 —	22	0,108	
Ouest Oubangui	9,2 ppm	12,9	0,111	Moyenne annuelle sur six prélèvements.
	9,8 —	7,4	0,135	
	10,6 —	17,9	0,112	
	11,6 —	10,8	0,112	
	14,2 —	6,4	0,125	
	14,8 —	6,6	0,134	
	17,6 —	9,0	0,111	
Sud-ouest Oubangui.	13,4 ppm	6,0	0,147	A l'ombre
Centre Oubangui....	30 ppm	13,3	0,158	
Ouest Oubangui ...	153 ppm	13,2	0,214 0,237	Jeunes caféiers avec fort apport de fumier de porc.

De ce tableau, il ressort nettement que le taux de 15 ppm de phosphore acidosoluble du sol nécessaire pour une alimentation convenable du caféier n'est pas un chiffre absolu. Il a été obtenu pour des sols contenant 20 à 30 % d'éléments fins. Pour des sols contenant seulement 10 % d'éléments fins, il sera certainement plus bas, aux environs de 9 ppm.

Nous vérifions l'idée exprimée dans les considérations générales : la capacité du sol à fournir le phosphore aux plantes ne peut être déterminée par la seule estimation de la masse des réserves, ici par une fraction représentative qui est le phosphore acidosoluble. Il est nécessaire aussi de prévoir la capacité de libération du sol pour l'élément. Elle peut entrer en compte très imparfaitement en considérant le taux d'éléments fins du sol (argile + limon).

Si nous portons les chiffres du tableau 11 sur un graphique (9) avec le taux du phosphore acidosoluble en ordonnées, le taux d'éléments fins en abscisses, il semble possible de prévoir le niveau de l'alimentation de la plante en phosphore dans un type de sol donné. Ce graphique ne représente qu'une esquisse. En effet, en abscisses, il pourrait être préférable, pour expliquer tous les cas et éviter des anomalies, d'avoir un indice calculé tenant compte des propriétés des éléments fins notamment du pouvoir de fixation. De même, la précision pourrait être augmentée en dosant le taux de P dans les feuilles à une même époque de l'année, et pour des caféiers de même âge physiologique. Les courbes figurant les niveaux d'alimentation du caféier ne sont qu'approximatives, étant donné le petit nombre de résultats, et ne sont valables que dans le cas des sols latéritiques. De plus, on peut prévoir qu'elles ne seront pas toujours ascendantes, car le taux de P_2O_5 acidosoluble dosé et influencé par le taux d'éléments fins du sol, il est possible qu'au-dessus de 30 ou 35 % d'éléments fins, la courbe devienne descendante.



* * *

CONCLUSIONS

RÉSUMÉ. — *Ces études ont confirmé l'influence : du taux d'argile, de la richesse en bases, du pH sur le taux de phosphore acidosoluble du sol et mettent l'accent sur l'influence du brûlis et l'épaisseur du prélèvement.*

L'alternance des humectations et dessiccations du sol dans la nature joue un rôle non négligeable dans la rétrogradation du phosphore acidosoluble et provoque des variations autour du niveau moyen,

de sorte que la mesure de celui-ci ne donne qu'une valeur représentant un ordre de grandeur. La rétrogradation est limitée par l'existence d'un équilibre entre les ions passant rapidement en solution et ceux fixés. Dans les conditions naturelles, la rétrogradation peut être très poussée du fait que la solution du sol entraîne les ions solubles dans les couches sous-jacentes moins riches et aptes à fixer du phosphore.

Du fait que la rétrogradation s'opère à la suite d'un équilibre, dont le niveau est déterminé par l'énergie libre des ions, il est possible de prévoir qu'un sol à capacité de fixation faible demandera moins d'engrais pour atteindre le même niveau d'énergie libre qu'un sol à forte capacité de fixation. On peut donc escompter que la mesure de la capacité de fixation d'un sol est en relation inverse avec l'effet des engrais dans le cas d'un mélange homogène sol — engrais qui intéresse particulièrement les cultures arbustives.

CULOT *et* LAUDELOUT (27) *soulignent que la fixation de P rend compte des grandes différences dans la réponse à la fertilisation phosphatée dans différents sols, en expérimentant avec le riz.*

La mesure de la capacité de fixation totale d'un sol latéritique pour le phosphore étant délicate, elle pourrait vraisemblablement être remplacée par la mesure de la capacité de fixation immédiate avec laquelle il existe une certaine proportionnalité.

La mesure de la capacité de fixation totale remplacerait d'une façon avantageuse la connaissance du taux d'éléments fins d'un sol pour mieux apprécier la capacité de libération du sol pour le phosphore, ce qui permettrait, avec le taux de phosphore acidosoluble, expression de la masse des réserves, de prévoir l'alimentation de la plante, et en particulier du caféier, avec beaucoup d'exactitude.

SUMMARY. — *The above studies confirmed the effect of the clayrate, of the richness in bases and of pH on the rate of acidosoluble phosphorus in the soil and lay the stress on the influence of the patch of burnt land or the depth of sampling.*

The alternation of welting and drying of the ground in nature plays a significant part in the retrogradation of acidosoluble phosphorus and causes variations around the average level so that it gives only the degree of relative importance. Retrogradation is limited by the existence of a balance between ions rapidly solute and fixed ions. Under natural conditions retrogradation can be thorough as soil solution draws the soluble ions into the underlying strata less rich and apt to fix phosphorus. As retrogradation is effected after a balance the level of which is determined by the free energy of ions, it is possible to foresee that a soil with low fixing capacity will require less fertilizers to reach the same free energy level as a soil with high fixing capacity. One can thus anticipate that the fixing capacity of a soil is inversely proportional to the effect of fertilizers in the case of a homogeneous soil-fertilizers, mixture which is particularly relevant to shrub crops.

CULOT *and* LANDELOUT *state that P fixing makes for the big differences in the response of various soils to phosphate fertilizers, during rice experiments.*

As the measurement of the total phosphorus fixing capacity of a lateritic soil is delicate it could likely be replaced by the measurement of the immediate fixing capacity, with which a certain proportionnality exists. The measurement of the total fixing capacity would advantageously fill the place of the knowledge of the rate of fine elements in a soil in a better appreciation of the phosphorus liberating capacity of the soil ; it would allow, together with the rate of acidosoluble phosphorus which expresses the mass of reserves, to provide for the plant food, and particularly the coffe-tree, with the greatest exactitude.

RESUMEN. — *Estos estudios confirmaron la influencia del contenido de arcilla y de bases y del pH sobre el contenido de fósforo acidosoluble del suelo y, además, subrayaron la influencia de la quemazón y del espesor de la muestra.*

La alternación de las humectaciones y desecaciones del suelo en la naturaleza desempeña un papel bastante importante en la retrogradación del fósforo acidosoluble y provoca variaciones del nivel medio, de modo que la medida de éste da solo un valor aproximativo. La existencia de un equilibrio entre los iones que pasan rápidamente en solución y los fijados limita la retrogradación. En las condiciones naturales la retrogradación puede ser activada porque la solución del suelo arrastra los iones solubles en las capas subyacentes menos ricas que pueden fijar el fósforo.

Como la retrogradación se verifica después de establecerse un equilibrio cuyo nivel es determinado por la energía libre de los iones, es posible prever que un suelo cuya capacidad de fijación es débil necesita menos energía libre que un suelo de capacidad de fijación fuerte. Pués, es posible presumir que la

capacidad de fijación de un suelo está inversamente relacionada con el efecto de los fertilizantes cuando se trata de una mezcla homogénea suelo-fertilizantes interesando particularmente los cultivos arbustivos.

CULOT y LAUDELOUP *subrayan que la fijación del fósforo explica grandes diferencias en las respuestas de los varios suelos a la fertilización fosfatada de los arrozales.*

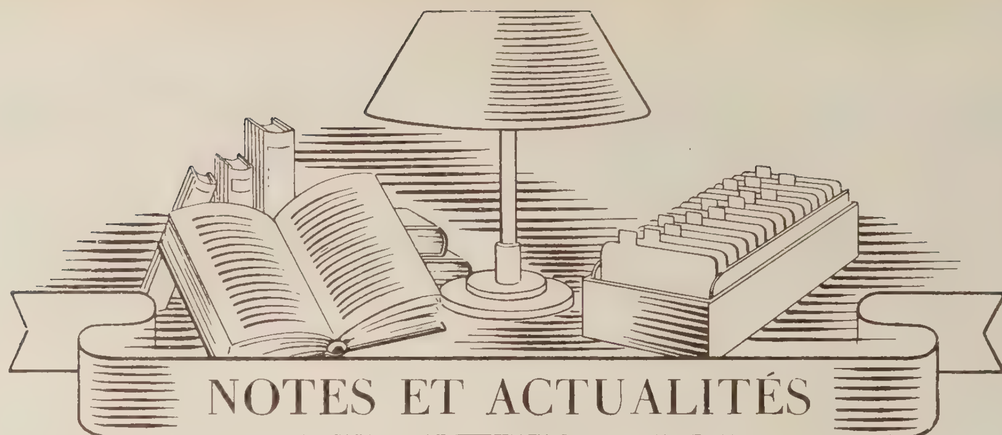
Como la medida de la capacidad de fijación total de un suelo es difícil de realizar, quizás podríase sustituir con la medida de fijación inmediata con la que tiene cierta proporcionalidad.

La medida de la capacidad de fijación total sustituiría ventajosamente el conocimiento del contenido de elementos finos de un suelo para apreciar mejor la capacidad de liberación del suelo para el fósforo. Esto permitiría, con el contenido de fósforo acidosoluble — expresión de la masa de las reservas — prever la alimentación de la planta, y especialmente del cafeto, con mucha exactitud.

BIBLIOGRAPHIE

1) FORESTIER (J.). — Le phosphore assimilable dans les sols latéritiques de l'Oubangui. Bureau des sols, Brazzaville, 1958.
2) FORESTIER (J.). — La rétrogradation du phosphore assimilable dans les sols oubanguiens. Bureau des sols, Brazzaville, 1958.
3) BASTISSE (E. M.). — *Ann. Agron.*, 1950, p. 748-61.
4) C. R. A. BAMBEY, 1955. — Rapport annuel, Bulletin n° 13, p. 22-7.
5) OLLAGNIER, PRÉVOST. — *Oléagineux*, juin 1956, vol. II, n° 6, p. 395-400.
6) DEMOLON. — Dynamique du sol, cinquième édition.
7) SAUNDER (D. H.). — *Soil et science*, déc. 1956, vol. 82, n° 6, p. 457-63.
8) OWEM (G.). — *Jl of the rubber research institute of Malaya* (mars) 1953, d'après *Circ. inf. des Potasses D'Alsace*, n° 41.
9) LAUDELOUT (H.), FRIPLAT (J.). — Deuxième conf. Interafricaine des sols, Léopoldville, 1954, com. n° 117, tome 2, p. 1487-91.
10) BIRCH (M. F.), *Nature* (Londres) (sept.) 1951, p. 388-9. D'après *L'Agro. Trop.*, 1951, vol. 6, n° 11-12.
11) BARBIER (G.), CHABANNES (I.). — *Ann. Agron.*, 1947, n° 6, p. 814.
12) JACQUES FÉLIX, CHEZEAU. — Com. au congrès Science des sols. Paris, 1956.
13) DEMOLON (A.), BOISCHOT (P.), LAFON (J. Mlle). — *Ann. Agron.*, 1953, vol. 4, n° 3, p. 291-330.
14) BLANCHET (R.). — Thèse. Paris, 1958.
15) CHAMINADE (R.). — *Ann. Agron.*, 1952, p. 171-83.
16) RAGLAND-SEAY-S S S, A proceedings, 1957, p. 261-4.
17) WILLIAMS (E. G.), SCOTT (N. M.), MAC DONALD (M. J.). — *J. Sci. Food. Agric.*, 1958, p. 551-9. D'après *Soils and Fertilizers*, 1958, p. 351, ab. n° 2030.
18) DEMOLON (A.), BOISCHOT (P.), LAFON (J.). — *Ann. Agron.*, 1953, n° 3, p. 291-330.
19) METZGER (W.). — *Jl Amer Soc Agron.*, 1941, p. 1093-9.
20) SCHOFIELD (R. K.). — Trans. 3e Int. Cong. Soil Science, Oxford, 1935, vol. 2, p. 38-48, d'après DEMOLON déjà cité, p. 227-30.
21) SCHOFIELD (R. K.). — *Soils and Fertilizers*, 1955, vol. 18, n° 5, p. 373-5.
22) BARBIER (G.), LESAINT (M. Mme), TYSZKIEWICZ (E. Mlle). — *Ann. Agron.*, 1954, Série A, vol. 5, n° 6, p. 923-59.
23) BARBIER (G.), TYSEKIEWICZ (E. Mlle). — *Ann. Agron.* Série A, 1954, vol. 5, p. 731-34.
24) LAUDELOUT (M.), DUBOIS (H. M.), DE PLAEN (G.). — *Bull. inf. INEAC* (juin), 1957, vol. 4, n° 3, p. 177-97.
25) CHANTRAN. — Comité de coordination de la production agricole en AEF, 1956, Brazzaville.
26) LOUÉ (A.). — La nutrition minérale du caféier en Côte d Ivoire. Mars, 1957.
27) CULOT (J. P.), LAUDELOUT (H.). — *Pédologie*, 1957, p. 162-8, d'après *Soils and Fertil zers*, 1959.





NOTE SUR L'ANATOMIE DU *POGOSTEMON PATCHOULI* PEL. ET LA LOCALISATION DE SES ESSENCES

par

H. RABECHAULT

Chargé de Recherches. ORSTOM

Le patchouli (*Pogostemon patchouli* PELL), plante à parfum de la famille des Labiées, est cultivé sporadiquement à Madagascar, à la Réunion et aux Comores selon que les cours de l'essence sont rentables ou non.

C'est une plante haute de 60 à 80 cm, dont les feuilles pétiolées ont un limbe lancéolé, grossièrement et irrégulièrement denté.

L'anatomie du genre *Pogostemon* nous est sommairement rapportée dans l'ouvrage important de METCALF et CHALK (17), mais ces auteurs ne mentionnent pas quelle espèce leur a servi comme matériel d'étude. Nous pensons qu'il s'agit de *P. cablin* BENTH., car nos observations ne concordent pas toujours avec les caractères, qu'ils ont brièvement énumérés

D'autre part on sait qu'habituellement, chez les Labiées, les essences sont secrétées au moyen de poils spéciaux dits pour cette raison « poils sécréteurs », que l'on rencontre à la surface de tous les organes jeunes (sommet des tiges, fleurs et surtout feuilles). Le patchouli constitue à cet égard un cas particulier. Selon GUENTHER (7) les feuilles ne sont pas les seuls organes à partir desquels on peut obtenir des huiles essentielles. On peut également en extraire des tiges et des racines. Or les poils sécréteurs se rencontrent bien encore sur les tiges, mais les racines en sont totalement dépourvues. Il faut donc en conclure que, chez ces dernières, la formation de l'essence est endogène ; sa sécrétion ne peut être le fait que de tissus ou d'éléments sécréteurs situés dans l'épaisseur de l'organe. Les deux faits ci-dessus nous ont incité à entreprendre la présente étude.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Notre examen a donc porté en premier lieu sur l'anatomie générale de la plante, en second lieu sur la recherche des divers éléments sécréteurs et sur la mise en évidence de l'essence dans tous les organes.

Notre matériel d'étude était constitué par un clône de *P. patchouli* PELL. cultivé dans une serre chaude, où le climat, sous lequel croît habituellement la plante, est reproduit. Nous disposions ainsi de feuilles, tiges et racines fraîches.

Les sections d'organes ont été effectuées au rasoir à main à l'aide d'un microtome LELONG et PETIT.

Les coupes destinées à l'examen de la structure étaient traitées par l'eau de Javel puis par l'eau acétique. Elles étaient ensuite lavées, puis colorées au rouge de ruthénium et au bleu de méthylène. Après un lavage final la préparation comprenait un montage dans la glycérine, suivi d'un lutage au goudron liquide « Insonastic ».

La recherche des essences était effectuée à l'aide de nombreux réactifs qu'il serait fastidieux d'énumérer ici mais, parmi lesquels, on peut citer le Soudan III en solution alcoolique du chloral, le perchlorure de fer, le Lugol, l'acide osmique, etc...

OBSERVATIONS SUR LA STRUCTURE GÉNÉRALE DES ORGANES DU PATCHOULI

1. La **racine** (Planche I, fig. A et Planche II, fig. A).

Le système radiculaire du patchouli est fasciculé Les racines sont fines et très longues, jusqu'à 1 mètre de long. Celle que nous avons sectionneé a un diamètre d'un millimètre et demi. Elle comporte (Planche I, fig. A) : un cordon ligneux central au contour sinueux entouré de quatre couches.

Au grossissement supérieur (Pl. II, fig. A) nous remarquons au centre un gros cordon de xylème (diamètre 0,83 à 1,0 mm), très irrégulier, entouré d'un phloème (ph.) assez épais (100 à 150 μ) avec des éléments polygonaux très irréguliers, dont les parois sont assez épaisses près du xylème.

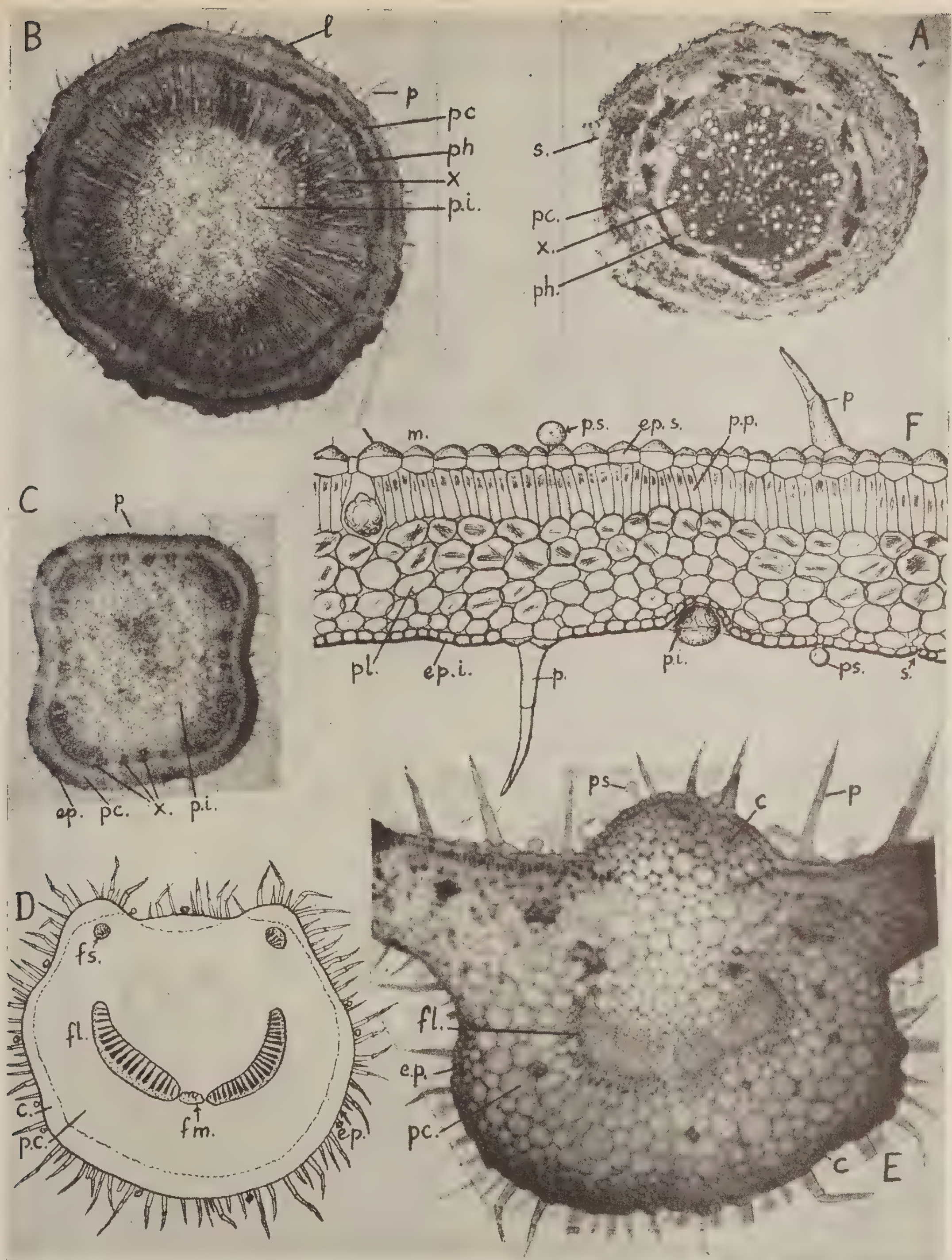


Planche I. — Fig. A : Section transversale d'une racine de patchouli (diamètre 2 mm) ; x, xylème ; ph, phloème ; pc, parenchyme cortical ; s, suber. Fig. B : Section transversale vers la base de la tige, partie aoûtée, p, poils urticiformes pluricellulaires, l, lenticelle ; pc, parenchyme cortical ; ph, phloème ; x, xylème ; pi, parenchyme interne. Fig. C : Section transversale dans le sommet de la tige, partie verte non aoûtée : mêmes symboles pour les différents tissus. Fig. D : Section transversale dans la partie moyenne du pétiole ; ep, épiderme ; c, collenchyme ; pc, parenchyme cortical ; fl, faisceaux libéro-ligneux principaux latéraux en forme de croissants ; flm, faisceau libéro-ligneux median elliptique ; faisceaux libero-ligneux arrondis supérieurs. Fig. E : Section transversale dans la nervure médiane du limbe : mêmes symboles pour les différents tissus et p, poils urticiformes pluricellulaires ; ps, poils secréteurs ; Fig. F : Section transversale dans le limbe : e.p. i, épiderme inférieur ; s, stomate ; p, poil pluricellulaire urticiforme ; ps, poils sécréteurs première forme ; pi, poils secréteurs deuxième forme ; pl, parenchyme lacuneux avec cellules à raphides ; pp, parenchyme palissadique ; m, macle d'oxalate de Ca ; ep. s, épiderme supérieur.

(Gross : Fig. B $\times$ 15 ; A $\times$ 30 C, D $\times$ 25 ; E $\times$ 60 ; F $\times$ 150)

Au-dessus de ce liber irrégulier, des fibres polygonales péricycliques (*f*) à grand lumen (diamètre extérieur 16 à 43,1 μ ; $\bar{x}$=26,6 μ ; diamètre du lumen 5,3 à 20 μ ; $\bar{x}$ 16 μ) sont réunies en amas, également irréguliers, de six à quarante éléments répartis dans une épaisseur de deux couches de cellules.

Dans cette racine la partie corticale mesure 300 μ environ. Elle comprend une assise génératrice subéro-phellodermique (en.) au niveau de l'endoderme. La présence d'assises génératrices en profondeur ne constitue pas un cas exceptionnel pour le patchouli car on a signalé ce phénomène chez les tiges d'autres Labiées (Metcalf et Chalk (17) p. 1047, Lemesle (15). Dans le parenchyme cortical (p. c.), aux grandes cellules irrégulières à angles arrondis, on distingue, de distance en distance de grosses cellules à essence, dont nous reparlerons plus loin (diamètre 40 × 60 μ, qui peut atteindre 93,3 × 153 μ) (Pl. I, fig. B).

Le suber (su.) produit par la deuxième assise subéro-phellodermique (asp.) active ne présente pas de caractères anatomiques particuliers.

II. La **tige** (Planche I, fig. B, C et Pl. II, fig. C, D).

La tige (Pl. I, fig. C) est quadrangulaire au sommet, où elle est extérieurement duveteuse et de couleur verte. Elle devient arrondie (Pl. I, fig. B) vers la base et extérieurement de couleur brunâtre et presque glabre.

Sa section transversale, aussi bien à la base qu'au sommet, présente tous les tissus habituels d'une tige de dicotylédone : au centre la mœlle ou parenchyme interne (p. i.) est entourée d'amas de protoxylème du xylème (x), du phloème (ph.), de fibres péricycliques, du parenchyme cortical (p. c.), du suber (ou d'épiderme).

Les épaisseurs des tissus ci-après, se rapportent à la section transversale d'une tige de 4 33 mm de diamètre.

Sur la moelle (p. i., Pl. I, fig. C) il n'est pas grand chose à dire, si ce n'est qu'elle est plus importante par rapport aux autres tissus chez les parties jeunes de la tige. La portion jeune de la tige que nous avons sectionnée avait en effet un diamètre de 2,06 mm, dont 1,86 mm au centre, c'est-à-dire 90,2 %, étaient occupés par le parenchyme interne. La portion âgée, arrondie et aoûtée, pour un diamètre de 4,33 mm avait, au centre, un parenchyme interne de 1,53 mm de diamètre soit 35,4 % du diamètre total.

Les amas de protoxylème (x.) sont très irrégulièrement distribués autour de la mœlle et sont plus nombreux vers les quatre angles de la section de la partie jeune ; cette irrégularité persiste chez la vieille tige.

Les éléments libéro-ligneux qui leur font suite, sont aussi par conséquent irrégulièrement distribués et plus importants vers les quatre angles de la jeune tige (Pl. I, fig. C), où ils sont plus nombreux et accolés les uns aux autres. La tige s'arrondit en vieillissant, c'est-à-dire vers la base de la plante, car de nouveaux éléments fibro-vasculaires apparaissent et s'intercalent entre les premiers. On a donc, pour la tige âgée, une section transversale presque circulaire. Sur la section type de notre tige arrondie aoûtée, la couronne de xylème avait une largeur de 733 à 930 μ, $\bar{x}$ 840 μ).

Un grossissement de 75 ou 150 diamètres (Pl. II, fig. C, D) va nous permettre d'examiner les divers tissus de la tige aoûtée.

Le phloème ou liber (ph.) et le xylème ou bois (x.) forment une couronne. L'un et l'autre sont constitués par des files radiales d'éléments. Dans le xylème, couronne large de 840 μ environ, ce sont les fibres ligneuses (f. x.) à parois peu épaisses qui dominent, tandis que les vaisseaux (v.) sont disposés au hasard. Ils sont solitaires (diamètre max. 33 μ) ou par files radiales pouvant atteindre quinze éléments.

Dans le phloème (épais de 106 à 133 μ), parmi les nombreuses cellules à paroi fine en files radiales régulières, on distingue de nombreux vaisseaux criblés arrondis (v. c.) (diamètre 6,6 μ à 17,3 μ, $\bar{x}$ 13,3 μ) surtout au niveau des zones très lignifiées du xylème, où se rencontrent le maximum de vaisseaux ligneux.

C'est au-dessus de ces zones de phloème différencié, que se trouvent à l'extérieur, au niveau du péricycle, des amas irréguliers (épaisseur moyenne 60 μ) de fibres lignifiées (f.) à grand lumen. Ces fibres ne forment le plus souvent qu'une seule couche. Elles sont distribuées très irrégulièrement tout autour de la tige à la limite du phloème et font défaut dans la tige jeune à section carrée. La partie corticale de la tige 300 à 373 μ comprend enfin un parenchyme cortical (p. c.) (106 à 133 μ d'épaisseur) et un épiderme pilifère (ep.) qui termine la section transversale de la tige vers l'extérieur. Ce parenchyme comprend quatre à sept couches de grosses cellules arrondies à elliptiques. Dans les couches externes de la section transversale d'une tige âgée on rencontre presque toujours une assise subéro-phellodermique (asp.) assez active. Le phelloderme comporte de petites cellules aux angles épaissis (collenchyme c.) tandis que le suber (sub.) comprend une à cinq assises régulières de cellules quadrangulaires. L'épiderme (ep.) à petites cellules, irrégulières, arrondies est interrompu de distance en distance au niveau d'importantes lenticelles (l.). Il porte de nombreux poils effilés (p.) mono, bi ou tricellulaires, dont nous reparlerons lorsque nous étudierons l'anatomie de la feuille.

Dans le parenchyme cortical de la tige, nous avons rencontré les cellules à parfum qui sont moins fréquentes que chez la racine. Les poils épidermiques sécréteurs ou non (voir feuille) sont très nombreux chez les parties jeunes ; ils manquent sur la base de la tige.

III. La **feuille** (Pl. I, fig. D, E et F).

La feuille lancéolée acuminée (10 à 15 cm) présente de grosses dents irrégulières à extrémité arrondie. Le pétiole est parfois aussi long que le limbe. L'un et l'autre sont recouverts de très nombreux poils.

a) Le pétiole (Pl. I, fig. D et Pl. III fig. A, B et C).

La section transversale du pétiole est arrondie mais comporte cependant vers la face ventrale une partie aplatie.

Nous avons effectué des sections transversales à la base, dans la partie moyenne et dans la zone d'attache du limbe.

Les tissus, qui constituent le pétiole, sectionné transversallement en son milieu (Pl. I, fig. D), ont déjà été observés sur la section transversale de la tige ; un épiderme à poils urticiformes mono ou pluricellulaires et à poils sécréteurs nombreux, un collenchyme c., un parenchyme p. c., dans lequel sont inclus cinq faisceaux libéro-ligneux.

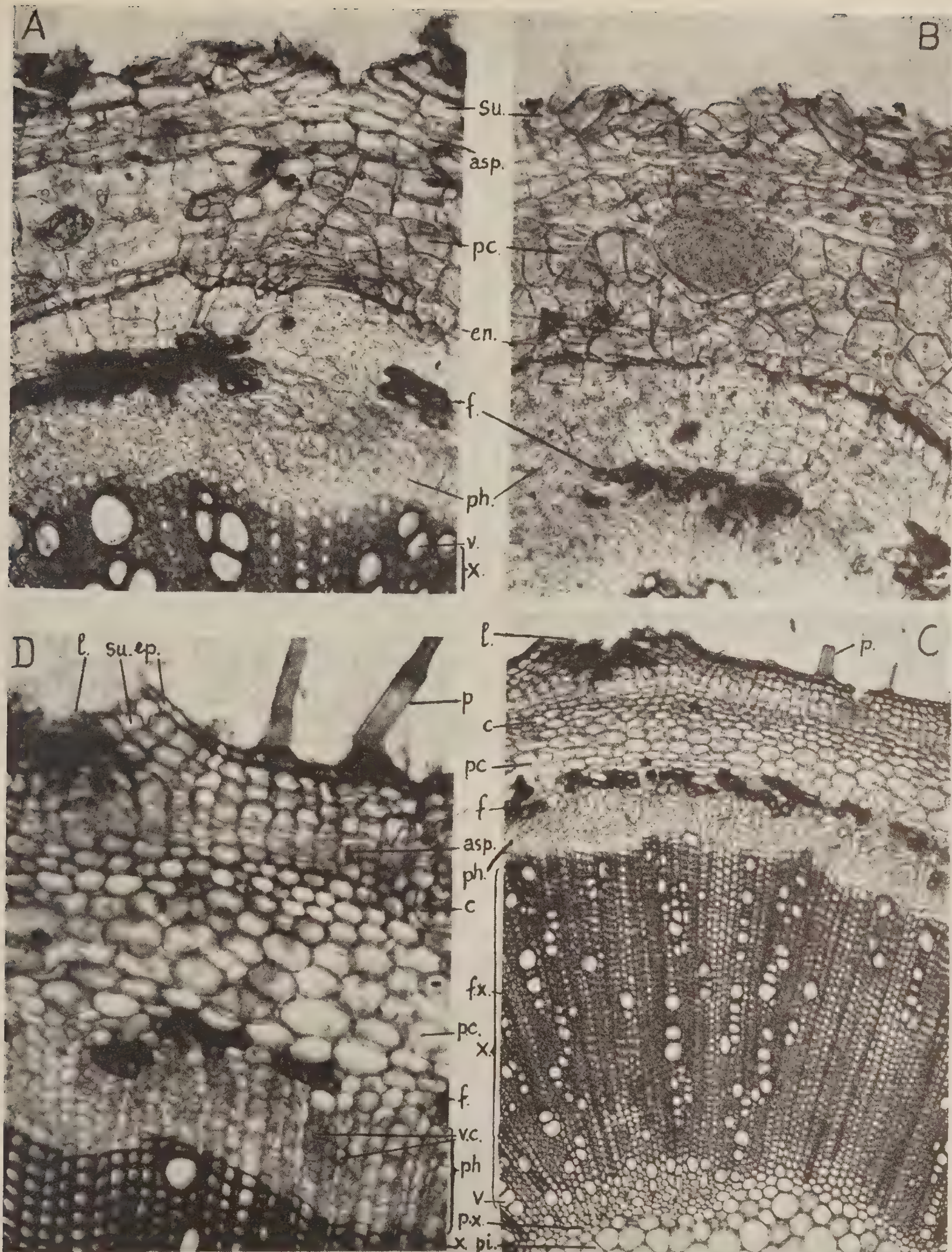


Planche II. — Fig. A : Section transversale de la partie corticale d'une racine de 2 mm de diamètre de *P. patchouli* : su, le suber ; asp, assise suberophellodermique ; pc, parenchyme cortical ; en, une assise génératrice au niveau de l'endoderme ; f, fibres pericycliques ; ph, phloème ; x, xylème avec vaisseaux v. Fig. B : Section transversale de la partie corticale d'une racine au niveau d'une cellule secrétrice interne (mêmes symboles pour les autres tissus que la fig. A). Fig. C : Section transversale grossie dans la tige aoûtée ; l, lenticelle ; c, collenchyme ; pc, parenchyme cortical ; f, fibres péricycliques ; ph, phloème, x, xylème avec fx, fibres ligneuses et v, vaisseaux ; px, protoxylème ; et pi, parenchyme interne (mœlle). Fig. D: Portion corticale grossie de la section précédente ; l, lenticelle ; p, poils urticiformes pluricellulaires ; ep, épiderme ; su, suber ; asp, assise subero phellodermique; c, collenchyme ; pc, parenchyme cortical ; f, fibres ; ph, phloème avec vc. vaisseaux criblés et x, xylème.

(Gross : Fig. A, B et D × 150 ; Fig. C × 75).

Le système vasculaire comprend : un petit faisceau libéro-ligneux ou faisceau médian (f. m.) situé dans l'axe de symétrie de la section du pétiole à la pointe d'un U très ouvert, dont les branches en arc de cercle sont formées chacune par un gros faisceau ou faisceau latéral (f. l.) et enfin dans le prolongement des extrémités des faisceaux latéraux près de la face supérieure du pétiole et inervant deux cordons en saillie, qui limitent le méplat supérieur du pétiole, deux petits faisceaux arrondis ou faisceaux supérieurs (f. s.). Le faisceau médian peut manquer. Sur la planche III, fig. A, B et C nous avons représenté les schémas de quelques sections transversales effectuées dans la région distale du pétiole. On remarque tout d'abord que les faisceaux latéraux y sont claviformes ; leur extrémité inférieure est obtuse, arrondie tandis que leur extrémité supérieure est effilée. Cette dernière donnera, en se scindant, des faisceaux qui iront inerver le limbe. Ceux qui constitueront les nervures latérales, plus gros, ont une forme en croissant, tandis que les petits faisceaux, qui partent vers les fines nervures d'ordre supérieur, sont arrondis.

b) Les NERVURES (Pl. I, fig. E) sont peu différentes du pétiole, les tissus sont les mêmes. Les faisceaux libéro-ligneux supérieurs n'existent plus. A leur niveau est apparu une expansion latérale de tissus, le limbe.

La nervure présente, à la face supérieure entre les deux attaches du limbe, une protubérance constituée par un îlot de collenchyme c., qui rappelle celui de la face inférieure de l'organe. Ce tissu est cependant plus épais et les cellules sont plus grandes.

Le système libéro-ligneux a une forme en croissant couché sur le dos et souvent scindé en deux ou trois parties par des rayons médulaires assez étroits.

Dans l'épaisseur du parenchyme on distingue des cellules à essences, plus réfringentes (s.).

c) Le LIMBE (Pl. I. fig. F et Pl. III).

Le limbe sectionné a, en moyenne, 220 μ d'épaisseur. Il comprend : un épiderme supérieur (ep. s.) (épaisseur 26,6 μ) constitué de cellules aplaties, dont la paroi extérieure présente un prolongement conique court, qui s'élève en dehors du plan du limbe (Pl. I fig. F et Pl. III fig. D et E). Parmi ces cellules on remarque des poils urticiformes (p.) (Pl. III, fig. H, I, J) longs de 120 à 366 μ pointus vers leur extrémité, mono à pluricellulaires (jusqu'à cinq éléments), mais le plus souvent bicellulaires et des poils sécréteurs, dont nous parlerons plus loin dans un chapitre qui leur est consacré.

Au-dessous de l'épiderme se trouve une couche de cellules palissadiques (p. p.) à parois fines (épaisseur 60 μ). La plus grande épaisseur du limbe est constituée par le parenchyme lacuneux (p. l.) (133,3 μ) formé de grosses cellules arrondies laissant entre elles des méats (diamètre 16 × 20 μ). Ces cellules sont assez régulières ; elles deviennent cependant plus petites dans le voisinage immédiat de l'épiderme inférieur.

L'épiderme inférieur (ep. i.) (épaisseur 13,3 μ) présente une seule couche de petites cellules arrondies, parmi lesquelles on distingue les mêmes formes de poils que dans l'épiderme supérieur.

Une troisième forme de poils se rencontre cependant plus fréquemment sur cet épiderme. Ce sont des poils sécréteurs attachés au fond d'une dépression du limbe, dont nous reparlerons plus loin au chapitre qui leur est consacré.

Si nous observons la surface de l'épiderme supérieur du limbe à la face ventrale d'une feuille nous distinguons les différentes sortes de poils décrites et les cellules épidermiques qui forment autant de mamelons arrondis (Pl. III, fig. D). De même les cellules de l'épiderme inférieur ont un contour sinueux, les stomates sont de forme « Renonculacées » parfois « de forme Caryophyllacées » selon la classification établie par METCALF et CHALK (17) (Pl. III, fig. F, G).

RECHERCHE DES ÉLÉMENTS SÉCRÉTEURS ET DES HUILES ESSENTIELLES

A) Caractères histochimiques observés à la suite de l'application de divers réactifs et colorants.

Pour dénombrer et observer les divers éléments sécréteurs du patchouli, il nous faut tout d'abord effectuer la localisation à l'aide des réactifs précités.

Par analogie avec le vétiver, chez lequel les huiles essentielles présentent de nombreux constituants identiques à celle du patchouli (deux sesquiterpènes, patchoulène, azulène, alcool sesquiterpénique, etc...) et pour lesquels le perchlorure de fer nous avait donné une coloration vert-bleu intense (22) nous avons cherché à appliquer ce dernier réactif pour la recherche des essences chez le patchouli.

Le perchlorure de fer donne une coloration brun noirâtre de la cellule sécrétrice des poils monocellulaires, tandis que le perchlorure colore les cellules sécrétrices des parenchymes en marron et le contenu des sécrétrices des poils bicellulaires en marron clair.

Chez les poils monocellulaires, l'essence se trouve en une seule grosse goutte qui occupe toute la cavité, en deux ou trois gouttes accolées, ou en une infinité de petites gouttelettes.

Le perchlorure de fer et l'acide chlorhydrique font apparaître, sur la surface des gouttes d'essences quelques fins cristaux assemblés en houpette et que SOLEREDER (24) cf. METCALF et CHALK (17) décrivent chez les autres Labiées comme figurant la présence de l'hesperidine.

Le Lugol donne également une coloration brune des éléments sécréteurs, par contre le Soudan III et les colorants des matières grasses colorent faiblement le contenu des cellules des poils sécréteurs première forme (poils bicellulaires).

B) Les éléments sécréteurs.

Nous avons pu ainsi distinguer trois sortes d'éléments sécréteurs, ce qui confère au patchouli une vocation pour la production des parfums plus importante que chez les autres Labiées.

1° Eléments sécréteurs externes. On peut distinguer dans cette catégorie deux sortes de poils que nous distinguerons selon le nombre de cellules sécrétrices disposées à leur extrémité.

α) Les poils sécréteurs bicellulaires (Pl. III, fig. K, L, M). Ces poils sont petits (25 μ de hauteur), plantés à la surface de l'épiderme des parties vertes, de la plante.

On en compte sur les feuilles de nos échantillons vingt à trente par mm² à la face inférieure, et quatorze



Planche III. — Fig. A, B et C : Schémas de la section transversale du pétiole région distale ; D : aspect de la face supérieure du limbe, avec ses mamelons ; E : épiderme supérieur du limbe montrant la forme particulière des cellules ; F : aspect de la face inférieure du limbe, stomate et cellules épidermiques ; G : section transversale à travers un stomate ; H : aspect de la face inférieure du limbe, région où l'on voit deux poils urticiformes sur leur cellule de base convexe ; I : section dans l'un de ces poils : J : un poil urticiforme pluricellulaire ; K : poil sécréteur bicellulaire à pilier tronconique ; L : groupe des cellules sécrétrices du poil précédent sectionné transversalement; M : un poil sécréteur à pilier tricellulaire ; N : Section transversale du limbe montrant un poil sécréteur de la forme fig. O implanté sur l'épiderme supérieur ; O : poil sécréteur monocellulaire à pilier bicellulaire ; P et Q : poils sécréteurs monocellulaires à pilier court ; R : cellules sécrétrices de poils sécréteurs de forme fig. P et Q après traitement par le perchlorure de fer ; S : cellule parenchymateuse sécrétrice dans le parenchyme lacuneux du limbe mise en évidence par le perchlorure de fer et l'acide chlorhydrique ; T : cellules à essence interne dans le parenchyme lacuneux du limbe.

(Gross : toutes les fig. × 300).

à vingt-deux à la face supérieure. Ils sont constitués par un pilier cylindrique de deux à quatre cellules aplaties empilées les unes sur les autres qui supporte deux cellules sécrétrices sub-sphériques. Si l'on observe la surface de l'épiderme on remarque les têtes bicellulaires de ces nombreux poils. Les deux cellules forment un ensemble elliptique et sont séparées l'une de l'autre par une membrane presque droite. La grande dimension du groupe est de 24 μ environ, tandis que sa largeur, diamètre d'une cellule, varie de 15 à 19 μ.

β) Les poils monocellulaires. Certains ne comportent qu'une seule cellule sécrétrice à leur extrémité, dans ce cas, celle-ci est plus grosse que celles des poils précédents (diamètre 36 μ). Ces poils sont également plus hauts que les précédents (60 à 78 μ) et leur pilier ne comporte qu'une à deux cellules celle de la base étant en général plus longue.

γ) Les poils secréteurs monocellulaires courts (Pl. III, fig. P, Q, R) sont trois à quatre fois plus gros que les poils bicellulaires. On les rencontre surtout à la surface du limbe, où ils sont placés au fond d'une dépression circulaire de l'épiderme. Leur pilier très court, réduit à une plus rarement deux cellules, est attaché au fond de l'entonnoir formé par l'épiderme. Il est surmonté d'une grosse cellule subsphérique légèrement aplatie à la partie supérieure. De sorte que le poil remplit toute la dépression formée par l'épiderme ; le sommet de la cellule sécrétrice ne dépasse guère le niveau de la surface de la feuille. La cellule sécrétrice est plus large dans le sens tangentiel du limbe 50 μ, que perpendiculairement à ce dernier 44 μ ; aussi sa hauteur totale est souvent inférieure au grand diamètre de sa cellule sécrétrice 48 μ.

2° Eléments sécréteurs internes (Pl. III, fig. S, T). Les réactifs utilisés ont permis de mettre en évidence l'accumulation d'essence dans certaines cellules des parenchymes corticaux des racines et des tiges et dans les parenchymes palissadiques et lacuneux des feuilles.

Ces cellules sont légèrement plus grandes que les cellules environnantes. Dans le limbe elles ont en moyenne 22×32 μ de diamètre, alors que les cellules du parenchyme lacuneux sont un peu plus petites, 16×20 μ. Elles ne se distinguent, à part leurs caractères dimensionnels, que par une paroi colorable en jaune par l'iode et légèrement plus épaisse que celle des cellules normales.

CONCLUSIONS. RÉSUMÉS. — *Le* Pogostemon patchouli Pellet *de la Réunion et de Madagascar présente une véritable vocation à la production des parfums. Trois sortes d'éléments sécréteurs participent à la formation des essences : de petits poils sécréteurs comprenant une ou deux cellules sécrétrices à leurs extrémités, de gros poils globuleux composés d'une grosse cellule sphérique au fond d'une dépression de l'épiderme et enfin, des cellules à parfums que l'on rencontre parmi les cellules des parenchymes corticaux.*

Les affinités plus ou moins nettes des colorants et réactifs utilisés vis-à-vis des divers éléments sécréteurs confirment les différences de composition entre les essences extraites des racines et des tiges, chez lesquels on ne rencontre peu ou pas d'éléments secréteurs externes (essences lourdes, peu fluides) et les essences extraites des feuilles où les éléments sécréteurs externes (poils) donnent une essence plus fluide.

SUMMARY. — *The* Pogostemon patchuli Pellet *of Bourbon Island and Madagascar has a real inclination for perfumes production. Three kinds of secréting elements participate in the formation of oils : small secreting hair including two secréting cells at their extremities, big globular hair formed of a big spherical cell at the bottom of a hollow in the epidermis and finally perfume-cells which are found among the cells of cortical parenchymes.*

The more or less definite affinities of the colouring matters and the reagents used, for the various secreting elements confirm the differences in composition between oils extracted from roots and stems in which few or no external secreting elements are found (heavy, non fluid oils) and oils extracted from leaves in which external secreting elements (hair) produce a fluider oil.

RESUMEN. — *El* Pogostemon patchuli Pellet *de la Reunión y de Madagascar tiene una verdadera vocación para la producción de perfumes. Hay tres tipos de elementos secretorios participando en la formación de esencias volátiles : vellos secretorios incluyendo células secretorias en sus partes apicales, vellos de mayor tamaño globulosos con una gran célula esférica en el hondo de una depresión del epidermis, y por ultimo, células de perfumes ubicadas entre las células de los parénquimas corticales.*

Las afinidades más o menos claras existentes entre los colorantes y reactivos empleados confirman las diferencias de composición entre las esencias sacadas de las raíces y de los tallos que tienen pocos, (ó ningún) elementos secretorios externos (esencias pesadas, poco fluidas) y las esencias sacadas de las hojas cuyos elementos secretorios externos (vellos) producen una esencia más fluide.

Bibliographie

1. Baudin (1955). — Les maladies des plantes à parfum tropicales. *Rev. de mycologie*, Suppl. colon. (Paris). Déc., Vol. 20, n° 2, p. 73-112, bibl. en fin de chapitre, 1955.
2. Beckly V. A. (1931). — Essential oils. The methods of production and their possibilities in Kenya Colony. Kenya Colony, Dept. Agr., Bull. 19, 1931.
3. Brown E., Islip H. T., Mathews W. S. A. (1950). — Patchouli oil from Tanganyika. *Colonial plant and animal products.* Vol. I, n° 1, p. 312-14, 1 tabl. 1950.
4. Chalot C. (1927). — Le Patchouli, *Agronomie coloniale*, 2, p. 353-8, 1 pl., h. t., 1927.
5. Eaton B. J., Georgi C. E. V. (1924). — Patchouli Oil. *Malayan Agr. J.*, Vol. 12, 191, 1924.
6. Etienne R. (1930). — Contribution à l'étude structurale des Labiées endémiques des Iles Canaries, Thèse, 159 p., Paris. 1930.
7. Guenther E. (1952). — The essential oils. T. III, p. 552-75. 1952.
8. Holdsworth-Haines W. (1933). — Essential Oil Industry of Seychelles. Dept. Agr., Ann. Report, 23. 1933.
9. Hommes E. M. (1908). — Notes on Patchouli. *Pharm. Journ.*, London, 4e série, Vol. XXVI, n° 1968, p. 348, 1908.
10. Islip H. P. (1946). — Patchouli oil from Nyassaland. *Bull. Imper. Instit.*, p. 12-4, 1 tabl., 1946.
11. Jong A. W. K. de (1905). — Action de l'acide sulfurique sur l'essence de Patchouli. Rec. trav. chim. P-B et de Belgique, XXIV, p. 311-2, 1905.
12. Jong A. W. K. de (1905-1911). — L'huile essentielle de Patchouli. Rec. trav. chim. d. P-B et de Belgique, XXIV, p. 309-10 ; 1905 et 1911.
13. Josselin (1951). — Les huiles essentielles de Madagascar. Entreprises et Produits de Madagascar, nos 7-8, p. 65-70 ; 71-2 et 75-90, 1951.

14. KLUG J. (1926). — Über die Sekretdrüsen bei den Labiaten und Compositen. These, p. 28, Frankfurt 1926.

15. LEMÉSLE R. (1928). — Contribution à l'étude structurale de quelques Labiées extra européennes. *Bull. Soc. bot. fr.*, 75, p. 18-25, 1928.

16. MATTEWS W. S. A., PICKERING G. B. (1956). — Patchouli from Sarawak. *Colonial plant and animal products* (London), Vol. V, n° 4, p. 331-4, 1956.

17. METCALF C. R., CHALK L. (1950). — Anatomy of the Dicotyledons, 2 vol. Vol. II, p. 1041-53 (Clarendon Press Edit.) Labiatae, Oxford, 1950.

18. NEYBERGH A. G. (1953). — Quelques plantes à essence dans l'Est de la colonie. Extr. *Bull. Agric. Congo belge*, Vol. 44, nos 1-2, 86 p., nbx. tabl., 13 fig. bibl. nbx réf. 1953.

19. PELLETIER (1845). — Mém. Soc. Sc. d'Orléans, 277, t. 7, 1845.

20. PERROT E. (1943-1944). — Matières premières usuelles du règne végétal, T. II, p. 2024-5, 1953-1944.

21. PLANCHON L., BRETIN P., MANCEAU P. (1946). — Précis de Matière Médicale T. II, p. 1892-3, Paris, 1946.

22. RABECHAULT H. (1958). — Note sur l'anatomie du vétiver de la Réunion et la recherche histochimique de l'essence. *L'Agr. Trop.*, vol. XIII, n° 1, p. 52-61, 1958.

23. ROWAAN P. A. (1939). — Huile et feuilles de patchouli dans les Indes Néerlandaises. Agricult. et élevage au Congo belge. 1, p. 28-9 1939.

24. SOLEREDER H. (1908). — Systematic anatomy of the dicotyledons. English édition translated by L. E. FRITSCH. 2. vol. 1183, Oxford 1908.

25. SQUIBBS F. L. (1933). — Essential Oils from Seychelles. Colony of Seychelles Dept. Agr. Ann. Report, 9, 1933.

26. ANONYME (1908). — Patchouli (*Pogostemon patchouli*. var. *suavis* HOOK. f. = *P. Cablin* BENTH) *Bull. of miscellaneous* inf. ; Roy. bot. Gard Kew, n° 1, XIII, p. 78-82, 1908.

27. — (1920). — Indian Patchouli Oil. *Bull. of the Imp. Inst.* (London) ; Vol. XVIII, p. 346-48, 1920.

28. — (1922). — Essential oils, Patchouli and Palmarosa oils. *Bull. of the Imp. Inst.* (London), Vol. XX, p. 25, 1922.

29. ANONYME (1924). — Patchouli oil from Seychelles. *Bull. of the Imp. Inst.* (London), XXII, p. 271-3 1924.

30. — (1928). — Recent research on Empire products. Essential oils « Patchouli ». *Bull. of the Imp. Inst.* (London, XXVI, p. 204, 1928.

31. — (1929). — Patchouli leaves from Seychelles. *Bull. of the Imp. Inst.*, (London), XVII, p. 289-92. 1 tabl. 1929.

32. — (1931). — Les huiles essentielles exportées des îles Seychelles. Colony of Seychelles annual report. *Agron. Colon.* 20, n° 167, p. 154-5, 1931.

33. — (1934). — Essential oils from Seychelles « Patchouli oil ». Reports of recent investigations at the imperial institute. *Bull. of the Imp. Inst.*, Vol. XXXII, p. 537-9, 1 tabl., 1934.

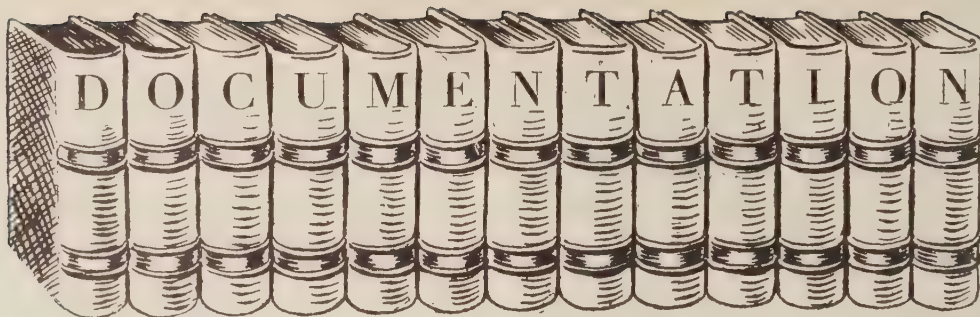
34. — (1940-41). — L'essenza di patchouli. *Bull. officiale dello R. Sta. sperimentale per l'induste. dlle essenze e dei derivati degli agrumi.* p. 151-5, et p. 51-9, 1940-1941.

35. — (1953). — Libération des huiles essentielles. Doc. dactyl., 3 pages, communiqué par la Direction des affaires économiques et du plan, au Ministère de la F. O. M., 1953.

36. — (1955). — Une grande industrie française d'exportation « Les huiles essentielles ». Echanges internationaux p. 47, mai 1955.

37. — (1957). — Patchouli (*Pogostemon cablin* BENTH). Dept. agri. Malaya. Agri. series. leaflet (Kuala-Lumpur), mai, n° 33, 5 p., fig. 1957.





I

OUVRAGES ET DOCUMENTS GÉNÉRAUX

15 - 223

Coste (R.). — **Les caféiers et les cafés dans le Monde.** Tome second : **Les Cafés,** 1er volume. Larose, 11 rue Victor Cousin, Paris Ve, édit., 1 volume 22 × 28 cm, 1959, 372 p., 72 planches en noir, 4 planches polychromes, très abondante bibliographie en fin de chaque chapitre.

Le succès du tome premier de cet ouvrage, consacré aux caféiers, fut tel qu'il n'est pas besoin de louer le tome second consacré aux cafés.

Le plan du volume I du tome II est le suivant :

Chapitre I. — **L'usinage des cafés verts :** Préparation par voie humide et par voie sèche. Techniques, matériel. Opérations communes aux cafés traités par les voies humide et sèche : nettoyage, triage, calibrage, mélanges, emballage. Equipement des installations. Usines collectives de traitement. Installations de retraitement. Sous-produits de l'usinage.

Chapitre II. — **La normalisation des cafés :** Normalisation des cafés des Pays et Territoires d'Outre-Mer. Normes américaines et brésiliennes. Exercice du contrôle du conditionnement des cafés dans les Pays et Territoires d'Outre-Mer. Normalisation des emballages (Union française et étranger).

Chapitre III. — **La détermination du prix de revient en caféiculture :** Les investissements et les frais annuels. Cadre du calcul.

Chapitre IV. — **Les cafés verts et leurs caractéristiques :**

a) Etude macroscopique : forme et format, densité, couleur, odeur. Principaux défauts des fèves vertes (fèves noires, fèves tachées, fèves grisâtres, fèves rousses, fèves argentées, fèves blanches, fèves bigarrées, etc...) ; défauts d'odeur (fèves puantes, rances, moisies, etc...) ; fèves anormales, piquées, fragmentées, écrasées, séchées, etc... Matières étrangères.

b) Etude anatomique comparée des fruits et des graines de caféiers cultivés. Anatomie du fruit et du grain : épicarpe, mésocarpe, endocarpe (sclérites), tégument séminal, albumen.

Conservation des cafés verts.

Chapitre V. — **La torréfaction, les mélanges et les emballages :** Opérations préliminaires à la torréfaction. Torréfaction : principe, techniques, appareils. Modifications apportées par la torréfaction (perte de poids, augmentation de volume, couleur, texture, résistance à la pression). La torréfaction continue. Enrobage, lustrage. Les mélanges de cafés.

Chapitre VI. — **La dégustation des cafés :** Préparation commerciale et ménagère. Facteurs influant sur la qualité du breuvage. Les appareils de mouture (moulins industriels et appareils ménagers). Les cafetières : principes. Etude dégustative comparative d'échantillons de café. Vieillissement des cafés verts et qualité.

Chapitre VII. — **La chimie des cafés,** par P. Navellier :

Les cafés verts. Composition. Modifications apportées par la torréfaction. Etudes des constituants : eau (dosage de l'humidité, techniques), matières minérales, protides, alcaloïdes, autres substances azotées non protidiques (caféine, trigonelline, bétaïne, acide-nicotinique, vitamines du groupe B), lipides, glucides (sucres réducteurs, saccharose, polysaccharides insolubles, etc...), acides et tanins.

Etude des principes volatils et constituants de l'arome.

Le café boisson — Composition.

Propriétés physiologiques du café.

Chapitre VIII. — **Analyse chimique des cafés,** par P. Navellier :

Recueil de modes opératoires analytiques.

Détermination de l'eau, des cendres (solubles et insolubles, alcalinité, dosage des chlorures).

Détermination des substances solubles et des substances insolubles dans l'eau, des matières grasses, de l'azote total, de la caféine (diverses techniques, y compris la chromatographie et la spectrophotométrie), de la trigonelline et de l'acide chlorogénique.

Etude des constituants de l'arome et de l'indice d'oxydation.

Les enrobages.

Le matériel de laboratoire (broyeurs, étuves, fours, extracteurs, etc...).

Chapitre IX. — **Les cafés décaféinés,** par P. Navellier : Définition. Elimination de la caféine du café boisson, du café torréfié et du café vert.

Chapitre X. — **Les cafés solubles,** par H. Cambrony : Techniques de fabrication. La lyophilisation.

Chapitre XI. — **Le commerce des cafés.** :

Le commerce des cafés dans les Pays et Territoires d'Outre-Mer. Contrats de vente (FOB, C et F, CAF). Le commerce des cafés en métropole. Réexportation d'un port métropolitain. Les marchés à terme (principe des opérations, fonctionnement, etc...). Le commerce européen des cafés. Les Chambres d'arbitrage. La caisse de liquidation et de compensation. Organisation du marché français du café. La politique nationale de soutien. Les grands marchés mondiaux et nationaux.

En annexe : Principaux textes relatifs aux Caisses de Stabilisation des prix. Texte des règlements intéressant le commerce national et international des

cafés (marché à terme du Havre, Caisse de compensation du Havre, Chambre d'arbitrage des cafés du Havre et de Marseille). Conditions générales des marchés à terme des cafés de New-York et de Santos. Contrat européen pour les cafés (C.E.C.), etc...

Chapitre XII. — **La législation des cafés :**

Les textes de base en vigueur en métropole (cafés verts, torréfiés, moulus et extraits).

Les succédanés et adjuvants (chicorée).

15-224

Phillips (J.). — **Agriculture and ecology in Africa.** Faber and Faber. 24 Russel square. Londres, 1959, 1 vol., 25 × 15 cm, 412 p., 1 carte h. t., bibliographie de plus de mille référence.

Trop souvent on accorde au terme d'écologie agricole un sens très restreint, ne comprenant guère que le climat parmi les facteurs étudiés sous cette appellation. Le sol, en tant qu'autre facteur physique, et les facteurs biologiques, parasites, adventices, etc..., sont généralement affectés à d'autres disciplines, alors qu'en fait l'écologie ne doit pas être une étude des différents facteurs mais celle des rapports synthétiques et réciproques entre tous les facteurs du milieu et la culture considérée.

Ce n'est pas un tel reproche qui peut être fait au présent ouvrage. L'A. a entrepris d'examiner en cinq livres et trente-six chapitres toutes les incidences de l'agriculture africaine. La première partie est consacrée aux généralités sur les facteurs qui seront examinés plus en détail par la suite : bioclimat, végétation et parasites, sols, animaux sauvages et domestiques.

La deuxième partie définit les différentes régions naturelles de l'Afrique tropicale humide, sur la base du climat et des types de végétation. Chaque facteur est affecté d'un sigle dont la réunion donne la formule représentative de la région considérée. Ce procédé facilite peut-être les comparaisons, mais a le défaut de l'abstraction et parle peu à l'esprit. Cette description fait état des conséquences souvent fâcheuses de l'intervention humaine sur les facteurs naturels, et est suivie de conclusions relatives aux moyens de conserver les qualités des sols forestiers défrichés et de sauvegarder un domaine boisé suffisant et rentable.

La troisième partie applique la même méthode aux régions plus sèches d'Afrique : zones des forêts sèches, des savanes et subdésertiques.

Le quatrième livre aborde le facteur humain dans toute son étendue. Non seulement il est question des conditions écologiques du peuplement humain : endémies, épidémies, faune infectieuse, mais aussi des conditions sociales, lesquelles sont très complexes avec l'intervention de la colonisation. Mais cette dernière partie, ainsi que les conclusions générales du cinquième livre, en cela même qu'elle échappent aux problèmes strictement écologiques, risquent d'être assez rapidement caduques et inadaptées aux nouvelles conditions qui se développent en Afrique.

H. J.-F.

15-225

Fort (R.). — **Où en est la fertilisation soufrée ? Exemple d'application en agriculture tropicale.** Journées européennes de la Chimiurgie (6-9 juillet (1960). Syndicat de la Chimiurgie, 3 avenue de l'Opéra 15 p., fig., cartes, bibliographie de trente et une références.

Généralités sur la fertilisation soufrée en France

Un tableau donne pour les plantes cultivées dans les régions tempérées : la matière sèche en %, la teneur en soufre en % de matière sèche, la teneur en phosphore en % de matière sèche, la valeur du rapport S/P, qui est loin, en France tout au moins, de sa valeur optimum, égal à 1.

Exemples d'application de soufre sur les cultures africaines

La carence en soufre a souvent été signalée dans les régions tropicales d'Afrique : sur le théier, le cotonnier, le caféier en Côte d'Ivoire, l'arachide, dans tout l'ouest africain.

Le soufre serait aussi utile, comme élément fertilisant à restituer au sol, que les macroéléments.

15-226

Kayser (B.). — **Economies et sociétés rurales dans les régions tropicales.** Cours de l'Université de Toulouse, Centre de documentation universitaire, 5, place de la Sorbonne, Paris V. Tome I. **Aspects et problèmes de la vie rurale traditionnelle,** 64 p. Tome II. **L'économie de plantation et les problèmes du développement,** 77 p.

L'ouvrage est divisé en quatre parties.

Première partie : **Aspects et problèmes de la vie rurale traditionnelle :** L'agriculture itinérante, l'organisation des terroirs et l'intensification des cultures, les systèmes rizicoles.

Deuxième partie : **Les conséquences de l'intervention capitaliste sur les économies et les sociétés traditionnelles :** La pénétration de l'économie de marché, l'évolution des campagnes africaines, l'évolution des campagnes de l'Asie tropicale.

Troisième partie : **L'économie de plantation :** Le marché mondial des produits tropicaux, les plantations, la caféiculture américaine, plantations noires et blanches d'Afrique, plantations des îles tropicales, cocotiers et cannes à sucre, l'hévéaculture asiatique.

Quatrième partie : **Problèmes du développement de l'agriculture tropicale :** Problèmes actuels de l'agronomie tropicale, le développement social, problèmes et plans de développement.

15-227

Vessereau (A.). — **Méthodes statistiques en biologie et en agronomie.** Librairie J. B. Baillère et fils, 19 rue Hautefeuille, Paris VI, édit. un volume 16 × 24 cm, 540 p., nombreux graphiques, bibliographie.

Cet ouvrage appartient à la « Nouvelle Encyclopédie Agricole ». Il constitue le tome deuxième : « Méthodes statistiques en biologie et en agronomie » de l'ouvrage, paru voici quelques années : « Recherche et expérimentation en Agriculture », de F. Bœuf et A. Vessereau.

La nouvelle édition du tome deuxième a été entièrement refondue.

L'ancienne édition comprenait quatorze chapitres, la nouvelle en a dix-sept, qui sont :

1) Distributions observées. Présentation et réduction des données.
2) Distributions théoriques. Notion de probabilité.
3) Interprétation théorique des données observées.
4) Loi de χ_2. Critérium χ_2 de Pearson. Application à des problèmes d'ajustement et à des questions de génétique.
5) Tests de comparaison de proportions (fréquences).
6) Tests de comparaison de moyennes et de variances.
7) Notions générales sur l'organisation et l'interprétation des expériences. Cas de l'expérimentation agricole.
8) Les dispositifs expérimentaux de base.
9) Plans factoriels. Notion d'interaction.
10) Effets principaux et interactions dans le cas de traitements à deux ou plusieurs niveaux.
11) Facteurs contrôlés subsidiaires. Cultures pérennes.

12) Notions sur les expériences en blocs incomplets. Expériences avec « confounding ».
13) Blocs et carrés latins incomplets. Lattices. Description des plans.
14) Blocs et carrés latins incomplets. Lattices. Analyse statistique.
15) Expériences agronomiques répétées sur plusieurs stations pendant plusieurs années.
16) Séries statistiques doubles. Régression.
17) Séries statistiques doubles. Corrélation.

15-**228**

RÉMÉNIÉRAS (G.). — **Eléments d'hydrologie appliquée.** Librairie A. Colin, 103 Bd Saint-Germain, Paris V, 1960, 1 vol., 11 × 16,5, 4,5 NF, 208 p., 48 fig., deux bibliographies.

Si ce petit livre est surtout destiné à l'ingénieur affecté aux questions de maîtrise et d'utilisation industrielle des eaux. Plusieurs chapitres, que nous retiendrons, intéressent également l'agronome dans plusieurs de ses préoccupations.

L'A. examine successivement les différents états du cycle de l'eau et ses diverses répercussions.

Le premier chapitre consacré à l'eau dans l'atmosphère nous vaut un excellent rappel des questions fondamentales de météorologie.

Le deuxième chapitre traite des précipitations proprement dites : mécanisme de leur déclenchement, avec développement sur le procédé des pluies artificielles, mesure des précipitations et interprétations (fréquence, moyenne, intensité, etc...).

Les questions d'évaporation, transpiration et déficit d'écoulement nous intéressent spécialement, non seulement pour les problèmes que posent la culture irriguée dans les zones subarides, mais également dans tous les problèmes de climatologie agricole. Sont examinés ici les formules d'évaporation à partir des seuls éléments météorologiques, et aussi les observations de l'évaporation effective, des eaux libres, du sol et de la transpiration végétale.

Enfin le chapitre sur les hydrogrammes intéressera le pédologue dans ses problèmes de conservation du sol vis-à-vis de l'érosion pluviale.

II

EXTRAITS BIBLIOGRAPHIQUES

15-**229**

ROSEMAN (A. S.), DEOBALD (H. J.). — **Effect of freeze-processing on amyloclastic susceptibility, crystallinity, and hydration characteristics of rice** (Effet du traitement par congélation sur les propriétés d'hydratation, de cristallinité et de sensibilité amyloclastique du riz). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1959 Washington 6, D. C. (nov.), vol. 7, n° 11, p. 774-9, fig., bibliographie de seize références.

Résumé. — *On commença cette étude dans le but de déterminer si une rétrogradation de l'amidon accompagnait le traitement par congélation du riz et pour obtenir des données supplémentaires sur les changements se produisant dans le riz au cours de l'opération.*

La congélation eut pour résultat le développement d'une image de diffraction aux rayons X de type B et un abaissement de sensibilité à l'amylase β. Cette résistance fut complètement neutralisée par échauffement dans une suspension aqueuse pendant quarante-cinq minutes à 45° C ou davantage. Les transformations de l'image de diffraction aux rayons X et de la sensibilité amyloclastique furent semblables à celles qui accompagnent la rétrogradation. La capacité d'absorption d'eau du riz à grains entiers traité par congélation fut bien plus grande que celle des témoins à grains entiers crus ou cuits et non congelés. Quand les effets de la structure physique brute eurent été minimisés par la mouture, le riz brut (à 80° C et davantage) posséda la plus grande capacité d'absorption d'eau. Ces études ont démontré qu'il existe un effet physique aussi bien que chimique de la congélation.

Du riz cuit, congelé ensuite dans des conditions définies, et séché à l'air, a révélé un taux d'absorption de l'eau exceptionnellement rapide, même à la température ambiante.

Il devenait crayeux, présentait une texture caractéristique poreuse ou spongieuse et avait un volume spécifique plus grand que le témoin soit cru, soit non congelé, c'est-à-dire cuit et séché. On prit pour hypothèse que cette formation spongieuse amyloïde était causée par la rétrogradation ou par un mécanisme voisin.

Des chercheurs avaient auparavant rapporté que l'on pouvait mesurer la sensibilité de l'amidon aux attaques des amylases en suivant l'effet du traitement physique et du vieillissement sur l'amidon. Ils concluaient que la sensibilité amyloclastique diminuait du fait de la rétrogradation. KATZ et VAN ITALLIE ont rapporté que l'amidon rétrogradé était dans un état semi-cristallin, que l'on pouvait caractériser par une image de diffraction aux rayons X de type B.

On a entrepris cette étude non seulement pour élucider si la rétrogradation se produisait pendant la congélation du riz mais aussi pour obtenir des données supplémentaires sur les transformations de l'amidon du riz au cours du traitement. Les critères les plus généralement acceptés pour la détection de la rétrogradation semblent être la mesure de la sensibilité amyloclastique et la détermination du degré de cristallinité aux rayons X. Cependant, comme on a utilisé des caractéristiques d'hydratation pour différencier les variétés de riz, on s'attendait à ce qu'elles servent aussi à différencier le riz traité par différentes méthodes. C'est pourquoi, pour démontrer une rétrogradation possible et des différences dans les propriétés du riz, causées par le traitement, on a comparé la sensibilité amyloclastique, l'image de diffraction aux rayons X et les caractéristiques d'hydratation du riz congelé à celles d'un riz témoin non congelé et à celles d'un riz brut.

Matériel et méthodes

MATÉRIEL BRUT.

On utilisa pour ces études du riz de la variété Rexoro, stock « foundation », récolte de 1957 (Rice Pasture Experiment Station, Beaumont, Texas).

On reçut deux parties aliquotes du même lot de riz ; l'une composée de grains entiers usinés et l'autre de paddy d'origine ou riz non usiné. On emmagasina le riz usiné et le paddy, dont on n'avait pas besoin immédiatement pour les expériences dans des récipients scellés à 4° C. Le paddy, gardé en réserve au cas où l'on aurait besoin d'un supplément de matériel, fut utilisé environ dix mois après avoir été emmagasiné. On l'usina suivant les méthodes standard en utilisant le décortiqueur et la machine à blanchir Mac Gill, tout de suite avant l'expérience.

PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS.

On a étudié en même temps que le riz d'origine, usiné et cru, deux produits de base préparés, du riz

cuit et du riz congelé. Pour préparer ces produits on fit cuire une partie du riz usiné dans une grande quantité d'eau distillée bouillante jusqu'à ce qu'il soit à point (vingt minutes environ) puis on l'égoutta et on le lava sur un tamis de maille 20. On en étala la moitié en couche mince pour qu'elle sèche à la température ambiante. Le produit séché fut appelé « riz cuit ». L'autre moitié fut enfermée hermétiquement dans une boîte métallique en deux parties à couvercles à friction (401 × 411) et gardée pendant vingt-quatre heures dans un congélateur à — 22° ± 3° C. Après congélation les boîtes furent transférées dans un réfrigérateur à 4° ± 1° C pendant quarante-huit heures ; on sortit ensuite le riz des boîtes et on le fit sécher de la même manière. Le produit obtenu fut désigné par le terme de « riz congelé ».

Ces échantillons furent utilisés à tous les stades de ces recherches, sauf pour les études amylographiques. La plus grande partie de ces produits fut moulue assez finement pour passer dans le crible à maille 40 du cône Wiley.

Cependant on utilisa des grains entiers pour certaines mesures d'hydratation.

On prépara un échantillonnage semblable à partir d'une autre portion de riz usiné. On le traita de la même manière sauf que le séchage se fit par lyophilisation au lieu de se faire par l'air ambiant. Le riz fut placé dans des bocaux de 2 litres remplis au quart et la congélation se fit en faisant tourner les bocaux dans un mélange d'acétone et de glace non fondue, jusqu'à ce que le contenu en soit solidement gelé. On sécha pendant trente-six à quarante-huit heures à une pression d'environ 50 microns.

Le matériel lyophilisé fut moulu et utilisé pour certains tests de sensibilité à l'amylase β et pour les études de diffraction aux rayons X.

Pour les études amylographiques, les riz cru, cuit et congelé furent préparés à partir du riz brut. A cause des grandes quantités requises pour ces déterminations on utilisa pour les moudre, un moulin Wiley n° 1 de plus grande capacité avec un crible de 0,5 mm (maille 35).

MESURES D'HYDRATATION.

Le taux d'hydratation du grain de riz entier fut mesuré à des températures variées allant de 65° à 100° C, en modifiant une méthode décrite précédemment.

En bref, on utilisa des échantillons de 5 grammes dans 40 ml d'eau et au bout de quarante-cinq minutes exactement à la température désirée, on sépara le riz de l'eau en excédent (qui contenait les solides solubles et insolubles) sur un crible de maille 30 en acier inoxydable. La perte totale de solides fut déterminée en récoltant le filtrat dans des béchers tarés et en faisant sécher jusqu'à poids constant pendant seize heures dans un four à air pulsé à 104° ± 2° C. Le poids humide du riz hydraté divisé par le poids sec initial après correction pour les solides perdus, fut utilisé comme indice d'hydratation.

La quantité d'eau absorbée par du riz moulu plutôt que par du riz à grains entiers fut déterminée par une méthode modifiée de capacité de gonflement.

Les échantillons de riz (de 1.000 grammes chacun) furent placés dans des bocaux d'Erlenmeyer à bouchon de verre, d'une contenance de 125 ml et on y ajouta 25 ml d'eau distillée. Les bocaux furent placés dans un bain à température constante (appareil rectangulaire à manomètre American Instrument Co, Silver Spring, Md.) réglé à la température désirée entre 65° et 95° C.

Ils furent secoués continuellement pendant quarante-cinq minutes, avec des mouvements de 27 mm d'amplitude à la cadence de soixante-huit cycles à la minute. Pour séparer le riz hydraté de l'eau de cuisson contenant les solubles, le mélange, dans des tubes coniques de 40 ml, fut centrifugé à environ 2.000 X C pendant trente minutes.

Le riz hydraté fut pesé après qu'on ait retiré par succion le liquide surnageant. L'indice d'hydratation fut calculé sur la même base que celui du riz à grains entiers.

DÉTERMINATION DE LA SENSIBILITÉ AMYLOCLASTIQUE.

La sensibilité amyloclastique de l'amidon du riz fut mesurée par digestion avec une ou deux amylases (Nutritional Biochemical Corp., Cleveland, Ohio). L'amylase α était d'origine bactérienne et l'amylase β provenait de l'orge. Selon le fournisseur les activités des enzymes étaient respectivement de 1.800° et 2.000° Lintner. Pour chaque test on mit 0,250 g de riz moulu dans un bocal Erlenmeyer à bouchon de verre de 125 ml et on ajouta 5 ml d'eau. Le bocal fut alors placé dans un bain à température constante. Au bout de deux minutes, on ajouta 10 ml d'élément tampon suivi quatre minutes plus tard par 5 ml d'une solution aqueuse à 0,5 % de l'enzyme, fraîchement préparée. Pendant l'hydrolyse on secoua le mélange de façon continue.

On laissa l'amylalyse β se produire pendant vingt heures à 30° C, avec 0,1 M d'acétate tampon, pH 4,8 ; l'hydrolyse par l'amylase α fut continuée de cinq minutes à six heures à 65° C et une à vingt heures à 35° C, en utilisant 0,1 M de tampon au phosphate et avec un pH de 7,0. La quantité hydrolysée fut déterminée sur une partie aliquote de 5 ml par une méthode au cyanure ferrique. Ces chiffres sont exprimés en milligramme de maltose monohydraté par gramme de poids sec d'échantillon.

On a étudié l'effet des traitements de préchauffage sur les tests de sensibilité amyloclastique. 0,250 g de riz moulu fut suspendu dans 5 ml d'eau et maintenu pendant quarante-cinq minutes dans un bain à température constante, prédéterminée de l'ordre de 30° C à 100° C.

Les échantillons préchauffés furent alors soumis à l'action des amylases β comme dans la méthode décrite ci-dessus.

MESURES DE LA VISCOSITÉ A L'AMYLOGRAPHE.

Pour évaluer la sensibilité amyloclastique par une autre méthode, on a mesuré les viscosités du mélange du tampon, de la farine de riz et de l'amylase pendant le chauffage à une vitesse uniforme, et en comparant aux caractéristiques de la gélatinisation de l'amidon. On utilisa un amylographe de recherches connu sous le nom de Viscographe (C. W. Brabender Instruments, Inc., South Hackensack, N. J.) avec sensibilité de la pellicule portée à 700 cm/gramme. La méthode employée fut essentiellement celle de « Cereal Laboratories Methods » avec les modifications suivantes : on employa du riz équivalent à 50 grammes de poids sec, moulu de manière à pouvoir traverser un tamis de 0,5 mm ; on utilisa la solution tampon de Mac Ilvaine au citrate phosphaté, pH 4,6, dilué de 1 à 4 ; le poids total de l'échantillon et du tampon était de 500 g. au citrate phosphaté, pH 4,6, dilué de 1 à 4 ; le poids total de l'échantillon et du tampon était de 500 grammes. La concentration de l'enzyme fut calculée sur la base de deux parties pour cent parties de poids sec de riz. La viscosité fut enregistrée, la température croissant de 30° à 90° C, maintenue ensuite à 90° C pendant trente minutes, puis abaissée à 50° C et maintenue pendant trente minutes à 50° C.

MÉTHODES DE DIFFRACTION PAR LES RAYONS X.

L'échantillon fut pressé dans un anneau de verre monté sur le trou arrière du collimateur et fut ensuite exposé pendant quatre heures à la radiation de cuivre avec filtre au nickel (Cu — K α, $\lambda = 1{,}5418$ A). L'image de diffraction fut enregistrée sur pellicule en plaque avec une distance de 6 cm entre échantillon et pellicule.

On obtint un groupe supplémentaire d'images de diffraction aux rayons X sur des échantillons lyophilisés ou séchés à l'air pour confirmer les données rapportées ici. Dans cette série on fit une exposition d'une heure et demie avec une pellicule à 5 cm d'écart.

Le nombre et la discontinuité des lignes dans une image de diffraction aux rayons X permettent de mesurer la « cristallinité ».

Résultats et discussion

HYDRATATION.

La différence des caractéristiques d'hydratation entre le riz à grains entiers congelé et le riz cuit (figure 1)

était attribuable, en partie du moins, à la texture physique du matériel congelé. Quand on déterminait l'hydratation sur du riz moulu au lieu de le faire sur du riz à grains entiers, la différence de quantité d'hydratation entre les échantillons diminuait considérablement, ce qui démontre que les effets de la porosité sur l'hydratation étaient minimisés soit supprimés par la mouture. Le grain de riz entier cru a une structure assez compacte, il ne se gélatinise pas complètement mais peut constituer une barrière mécanique, particulièrement à des températures supérieures à celles de la gélatinisation, pouvant empêcher l'hydratation complète des cellules d'amidon situées le plus au centre. Donc, quand on supprime, par la mouture, cet obstacle mécanique, la quantité d'hydratation du riz cru devait et a beaucoup augmenté en même temps que la température.

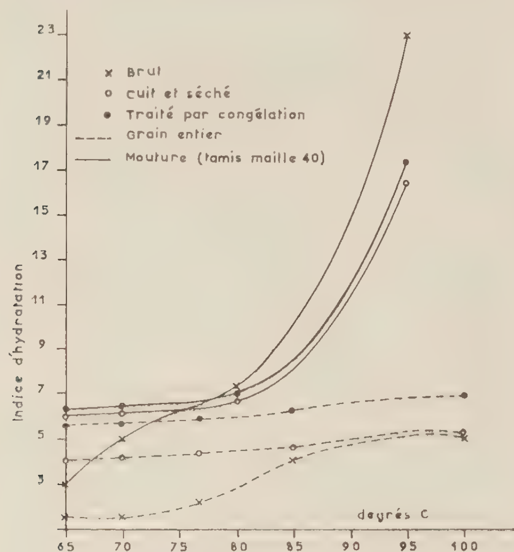


Fig. 1. — Effet de la température sur les indices d'hydratation des préparations à base de grains entiers et de grains moulus.

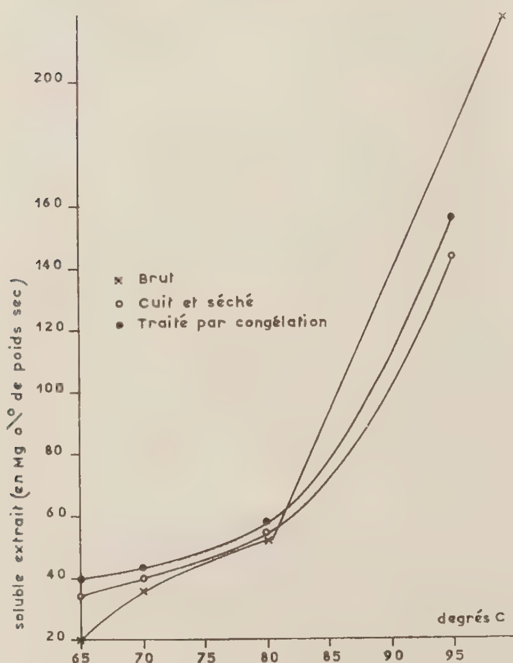


Fig. 2. — Effet de la température sur l'extractabilité des solubles dans les préparations à base de grains moulus.

On n'a pas rapporté les chiffres d'absorption d'eau par le riz moulu à des températures inférieures à 65° C car on a obtenu des résultats irréguliers en particulier avec les échantillons traités. On attribua cela à l'impossibilité d'obtenir de la centrifugation des résidus stables et compacts dont on pouvait retirer la plus grande partie de l'eau libre. Il s'est produit une augmentation graduelle et progressive du volume du résidu centrifugé. En beaucoup de cas ce volume a augmenté de 100 % en dix minutes immédiatement après la centrifugation. Une variation de la durée et de la quantité de force centrifuge (jusqu'à 30.000 C) ne réussit pas à arrêter l'expansion.

On a tracé la courbe (fig. 2) des poids secs des solubles extraits du riz moulu et séparés par centrifugation, et celle des températures d'hydratation. La forme des courbes paraît semblable à celle des courbes de l'hydratation. Les chiffres obtenus pour les solides solubles ne reflètent probablement que l'enlèvement préalable des solubles des échantillons traités.

Sensibilité amyloclastique.

Les méthodes d'hydratation servent à déterminer les différences d'état physique résultant du traitement, mais ne peuvent mesurer les changements des caractéristiques chimiques.

Les études sur les amylases α et β ont démontré cependant une différence spécifique reversible à la chaleur, dans la sensibilité.

Le comportement du riz cuit et cru envers les amylases est en accord avec les concepts établis que l'amidon non gélatinisé, c'est-à-dire le riz cru, est résistant à l'action des amylases et que la gélatinisation augmente la sensibilité.

Cependant le riz congelé, qui était également gélatinisé, était très résistant à l'amylolyse β.

L'amylase α est un enzyme liquéfiant qui attaque les molécules d'amidon simultanément en plusieurs endroits. Il n'est pas capable de fractionner des chaînes α 1,6′ glucosidique mais peut passer à côté.

L'amylase β d'autre part ne fait pas éclater les molécules mais raccourcit simplement les chaînes finales jusqu'à ce que l'action sur les liaisons α — 1,4′ soit arrêtée par les points de ramification ou par des forces de valence secondaire comme celles qui accompagnent la détérioration qualitative. Les liaisons croisées donnent, on l'a démontré, une résistance accrue à l'activité de l'amylase.

Comme l'action de l'amylase α se fait au hasard, elle peut évidemment dériver les chaînons additionnels qui se sont formés par suite de détérioration qualitative et n'a donc pas pu servir à différencier les deux produits traités.

L'amylase β n'a pas attaqué le riz congelé aussi facilement (fig. 3) ce qui indique que d'autres liaisons inhibitrices existaient. On peut donc partir du principe que la congélation du riz cuit provoque la détérioration qualitative d'une partie de l'amidon ce qui altère sa sensibilité amyloclastique. Les expériences préliminaires faites à 65° C ont indiqué une possibilité que l'amylase α n'ait pas été activée. Un gramme de riz ne produisit que 30 mg de maltose quand on eut chauffé une solution d'amylase α à 0,5 % pendant trente minutes à 65° C dans une solution-tampon de phosphate à 0,1 M à pH 7 et qu'on l'eût mélangée au substrat pendant trente minutes.

Un témoin qui n'avait pas été chauffé avant la réaction avec le substrat donna 159 mg de maltose par gramme.

On eut une autre preuve de l'inactivation de l'enzyme devant l'absence d'action hydrolitique après que la solution d'enzyme ait été chauffée pendant une heure à 65° C. On fit d'autres études sur l'amylase α à 35° C (fig. 4). A cette température il y eut une augmentation

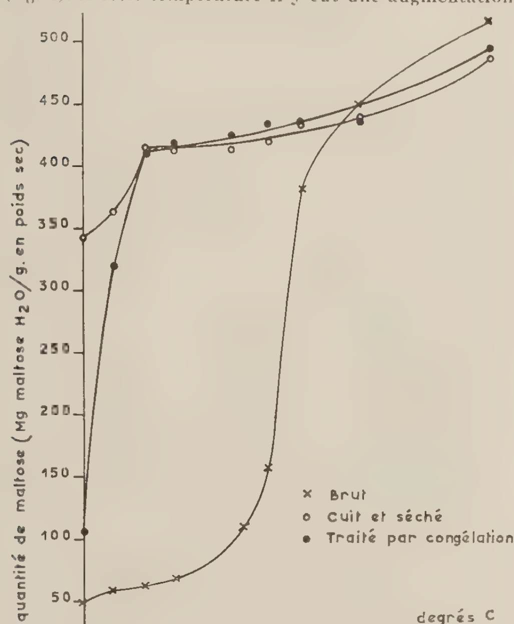


Fig. 3. — Effet de l'échauffement des préparations de riz en suspensions aqueuses sur la sensibilité aux amylases β qui en résulte.

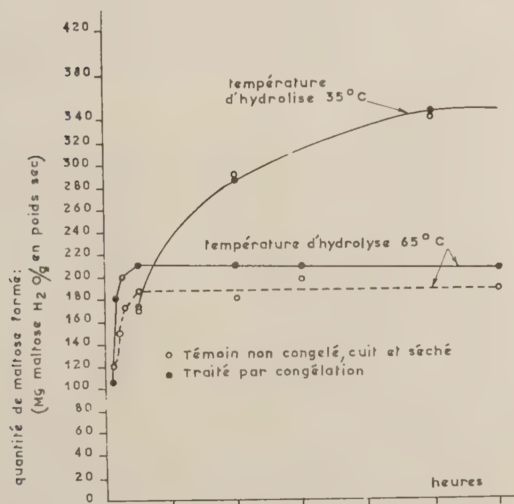


Fig. 4. — Effet du temps et de la température sur la quantité d'hydrolyse de l'amylase β des échantillons de riz traité dans un tampon de phosphate à 0,1 M, pH 7,0.

progressive, le degré d'hydrolyse augmentant jusqu'à 440 mg de maltose par gramme en vingt heures.

Pour éviter la possibilité de détérioration qualitative des échantillons traités, par séchage prolongé à basse température, on employa la lyophilisation au lieu du séchage à l'air ambiant.

Le riz cuit a donné un chiffre d'hydrolyse de 285 mg de maltose par gramme pendant l'amylolyse β et le riz congelé donna 52 mg par gramme. La lyophilisation fit monter ces chiffres respectivement jusqu'à 439 et 166 mg. La plus grande résistance des témoins non lyophilisés indique soit que quelque détérioration qualitative supplémentaire s'est produite au cours du séchage dans les conditions ambiantes, soit que la lyophilisation a causé une augmentation de sensibilité. Pour approfondir la différenciation entre le riz congelé et le riz cuit, on préchauffa les suspensions aqueuses et on les soumit ensuite à la digestion par l'amylase β.

Le trempage du riz congelé à 45° C ou davantage a amené la sensibilité à l'hydrolyse aux environs du même niveau que celui du riz cuit.

Cela concorde avec ce qu'ont rapporté Volz et Ramstad. Ils ont observé que réchauffer à 55° C pendant dix minutes réussissait à rendre la sensibilité de diverses pâtes d'amidon détériorées qualitativement, envers l'action de la Takadiastase. Cependant à 80° C et au-dessus, les échantillons de riz congelé ont présenté une sensibilité aux enzymes moindre que ceux de riz cru. Cette différence de sensibilité peut provenir de l'incapacité d'obtenir une restauration complète du matériel détérioré par le chauffage et concorde avec les observations rapportées par Whistler.

Viscosité a l'amylographe.

On a également utilisé un amylographe pour évaluer la sensibilité des échantillons de riz à l'action des amylases. Les courbes de viscosité (fig. 5) ont montré que les échantillons traités étaient plus susceptibles que le riz cru à l'action de l'amylase β. La similarité de réaction à l'enzyme des échantillons de riz cuit et

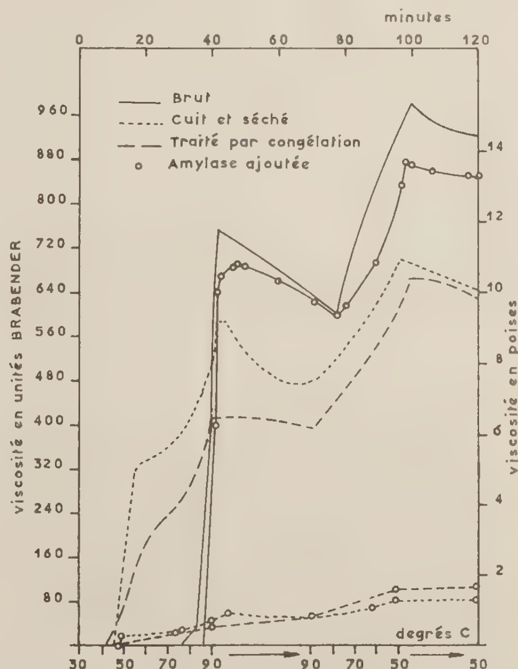


Fig. 5. — Viscosité à l'amylographe des préparations de riz et effet de l'adduction d'amylase β.

de riz congelé exclue la mesure de la viscosité à l'amylographe des méthodes de différenciation des riz traités. Cependant il semble qu'il y ait eu quelque rapport entre les températures de transition des échantillons traités, sans enzyme, et leur sensibilité à l'amylase obtenue par la méthode précédente.

La détermination des températures, quand on note la première élévation de la viscosité à l'amylographe, est donc digne de recherches supplémentaires, en tant que procédé plus rapide pour prédire la sensibilité aux amylases.

Diffraction aux rayons X.

Pour vérifier plus avant la présence d'une rétrogradation indiquée par la sensibilité à l'amylase β, on a fait une étude de diffraction aux rayons X. L'amidon détérioré a un état cristallin qui donne l'image typique de diffraction aux rayons X de type B. Ce motif de type B n'est pas apparu sur le riz cru ou cuit (tableau II) ; il a donc dû être causé par la congélation. Le riz cru donne un motif A caractéristique des céréales amidonnées et le riz cuit donne soit l'un des types C, soit un type V. Le type V a été attribué au complexe amylose-graisse et est identifié par une ligne épaisse 4,4 Å.

Le motif de diffraction aux rayons X dépend beaucoup des températures utilisées pour sécher les pâtes d'amidon aqueuses. Le séchage au-dessus de 60° C donne un motif de type A. Quand le riz congelé était séché à 70° C, il y avait une baisse de cristallinité et le type A ressortait davantage. Cette diminution de cristallinité était parallèle à la sensibilité amyloclastique β du riz congelé préchauffé (à 45° C ou davantage).

Les résultats aux rayons X du riz cuit qui avait été lyophilisé plutôt que séché à l'air ambiant n'ont montré aucune apparence du type B. C'est là une autre indication que le séchage prolongé à la température ambiante a causé quelque rétrogradation qualitative du riz cuit.

Conclusions

Ces études ont montré que la détérioration qualitative a été causée par la congélation du riz. On a prouvé également que le séchage du riz cuit à l'air ambiant amène des transformations semblables à la détérioration. Les méthodes décrites, en particulier l'amylolyse β peuvent servir pour classer et évaluer les effets du traitement sur les propriétés physiques et chimiques du riz.

15-230

Ten Have (H.). — **De invloed van het tijdstip van de oogst op de kwaliteit van enkele rijstrassen** (Influence de l'époque de la récolte sur la qualité de quelques variétés de riz). De Surinaomse Landbouw, Paramaribo, 1959, n° 6, p. 201-9, 4 fig., bibliographie de cinq références.

Introduction

Une précédente publication expliquait quelles étaient les modifications produites sur le % d'humidité et de brisures des riz de diverses variétés, lorsque la récolte est effectuée à date fixe, pendant une très longue période de temps. Le présent article donne les résultats obtenus dans la détermination des grains clivés, tandis qu'on y étudie l'époque optimum pour la récolte. En ce qui concerne les déterminations poussées effectuées, les chiffres des grains clivés de paddy donnent pour un groupe déterminé de variétés, une image assez exacte du pourcentage de brisures auquel on peut s'attendre après les diverses opérations d'usinage.

Matériel et méthodes

En ce qui concerne les essais en champ et l'usinage du produit après la récolte, on pourra se reporter à l'article précédant le présent travail. La détermination du pourcentage de grains clivés a été effectuée sur des échantillons de paddy prélevés tout de suite après la récolte (pas séché). Toutes les déterminations de clivage ont été faites en double (2 × 100 grains) ; toutefois, lorsque les résultats obtenus avec ce double échantillon présentent une différence supérieure à 10 %, on procède à une troisième détermination. Le nombre de grains brisés, mais non clivés, est réparti dans le pourcentage de clivés.

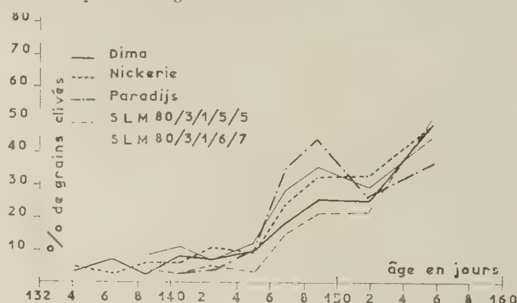


Fig. 1. Graphique présentant le pourcentage de grains clivés de quelques variétés suivant la date de récolte. Essais effectués en 1956.

Tableau I

Pourcentages de grains clivés, relevés sur des échantillons de paddy de différentes variétés.

Date du semis	Age du riz à la récolte (jours)	Variétés				
		Dima	Nickerie	SML 80/3/1/5/5	SML 80/3/1/6/7	Paradijs
15-5-56	135	4	3	4	5,5	
	137	8.5	3	4,5	4	
	139	5	7	5	14	5,5
	141	10,5	5	4	16	3
	143	10	18,5	6,5	11,5	3
	145	11,5	13,5	1,5	9,5	16
	147	10,5	13,5	7,5	25	14
	149	13,5	13	20	18,5	19,5
	151	17,5	12,5	19	19,5	12
	154	27	21	27,5	44,5	22,5
25-5-56	132	5	2			
	134	4.5	7			
	136	5	2,5			
	138	1,5	5	4	4,5	
	140	6	6	2	5,5	2,5
	142	4	3	3,5	2	5,5
	145	9,5	4,5	5,5	16	4,5
	147	27	34	22	30	55
	149	36	51,5	22	51	68
	153	31	52	23	39	39
	157	64	70,5	67	40	46,5
13-4-57	136	6,5	5,5	5	5,5	12,5
	139	4,5	7	8,5	6	7
	142	6	7	4	23	7
	145	20,5	19,5	17	21	10
	148	32,5	35	29	38,5	11
	154	44,5	42,5	45,5	53	38
	160	73,5	75	83	85	73
3-5-57	137	7,5	7	4,5	6,5	5,5
	139	8	18	11	7	5
	144	13,5	34,5	21,5	26	12,5
	147	36,5	43,5	28	28,5	25,5
	153	51	76	58,5	65	60
	157	82,5	94,5	89	86	80,5
	161	78,5	81,5	84	92,5	84
	165	73,5	89,5	86	86	86

Lors des essais effectués en 1956-57 et en 1957, on a étudié l'influence de deux méthodes différentes de séchage sur l'augmentation du nombre de grains clivés. Ont été comparés : un séchage rapide par une température constante de 55° C dans un séchoir étuve « Hercans », et un séchage lent sur une « tampah » exposée au soleil, jusqu'à ce que la teneur en humidité soit établie entre 10,8 et 12,8 %.

Discussion des résultats

Relation entre le % de fendus et l'époque de la récolte.

Les résultats des essais effectués en 1956 et 1957 sont exposés au tableau 1, alors que le graphique de ces données est exposé sur les figures 1 et 3. La comparaison, entre ces essais portant sur deux années, met immédiatement en évidence la forte augmentation du pourcentage de grains clivés lors des essais de 1957, augmentation qui s'est produite quelques jours plus tôt dans une année, où les chiffres exprimant les grains clivés étaient plus élevés qu'en 1956. Ce phénomène doit être attribué à la différence constatée dans les conditions de croissance particulières à cette année-là (par rapport à la précédente). Durant la deuxième moitié de la période de croissance des cultures de 1957, les conditions météorologiques étaient très chaudes et sèches, les deux réunies ont donné une maigre et mauvaise récolte.

Il ne fait pas de doute que la maturation et le desséchement de cette culture ont été fortement activés par ces conditions et que les grains de riz ont été plus facilement victimes de clivage. La forte augmentation du pourcentage de grains divers a été, dans ce cas, de pair avec un accroissement sensible du pourcentage de brisures. Cette rapide maturation ainsi que le flétrissement de cette culture, se sont manifestés particulièrement chez Nickerie, SML 80/3/1/5/5 et SML 80/3/1/6/7.

Les données relatives aux deux essais de plantation en arrière-saison 1956-57 sont exposées au tableau 2 et au graphique s'y rapportant à la figure 2. Une comparaison de ces données avec celles de 1956 met en évidence la différence de croissance entre ces deux plantations. Cette différence est à peine visible entre les plantations d'arrière-saison 1956-57 et celles de la saison principale 1957. La raison de cet état de choses doit être attribuée à la saison peu propice de 1957 qui a été très chaude et sèche amenant de ce fait une rapide maturation du riz.

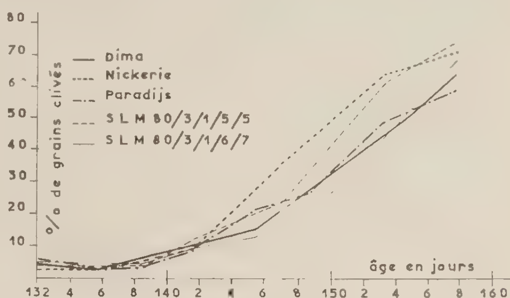


Fig. 2. — Graphique présentant le pourcentage de grains clivés chez les diverses variétés, ainsi que les époques de récolte. Essais en 1956-57.

En ce qui concerne les différentes variétés, la durée de leur croissance, leur maturation particulière, l'article publié précédemment ayant déjà donné tous les détails nécessaires, nous ne reviendrons pas sur ce sujet. L'importance primordiale d'une récolte, effectuée en temps opportun afin d'obtenir de bons produits, a été démontré de manière irréfutable par les graphiques traitant des pourcentages de grains clivés.

Influence de la méthode de séchage sur le pourcentage de grains fendus.

Comme on peut bien le supposer une température élevée de séchage exerce une influence néfaste sur le pourcentage de grains fendus ou brisés. C'est ainsi que Henderson a remarqué au cours de ses essais que si le paddy est séché à une température élevée ou en plusieurs fois, on observe un accroissement de pourcentage de grains clivés et brisés. L'extraction rapide de l'humidité provoque donc des clivages dans le grain.

Lors des essais d'arrière-saison 1956-57 et des essais de 1957, on a étudié l'influence de deux méthodes de séchage sur l'augmentation du nombre de grains clivés. Les essais ont été effectués à partir de trois échantillons égaux de paddy fraîchement récolté. Le premier échantillon a été placé dans un séchoir étuve à une température constante de 55° C et séché en une seule fois, à concurrence de 10,8 à 12,8 % d'humidité, alors que le deuxième a été placé sur une « lampah » et exposé au soleil jusqu'à ce qu'il soit sec. Le troisième échantillon a servi de témoin, avec lequel on détermine, chez le produit non séché, le % de grains clivés.

Tableau 2

Pourcentages de grains clivés comptés dans les échantillons de paddy de variétés diverses récoltés aux dates ci-dessous :

Date du semis	Age du riz à la récolte (jours)	Variétés: Dima	Nickerie	SML 80/3/1/5/5	SML 80/3/1/6/7	Paradijs
	132	4,5	2,5	3,5	3,5	7,5
	135	0,5	3	3,5	3	2,5
	138	3,5	7	3	3	3,5
	141	5	11	11,5	5,5	9,5
	145	10,5	37,5	20	7,5	24
24-10-56	148	24	33,5	16,5	12,5	31,5
	151	41	82,5	63,5	62,5	62,5
	154	36	75	77	59	19,5
	157	56	64	73	46,5	52,5
	160	64,5	77	76	67,5	76,5
	132	4,5	3,5	5	7,5	4,5
	136	6,5	3,5	4	7,5	5
	139	11	6	5,5	6	5
	142	14,5	7,5	10,5	12	6,5
9-11-56	146	18,5	26	26,5	15,5	16
	150	35,5	39,5	27	13,5	18,5
	153	27	54	40,5	18	33,5
	156	60,5	45,5	59,5	65,5	44,5
	160		36	40,5	46,5	52,5

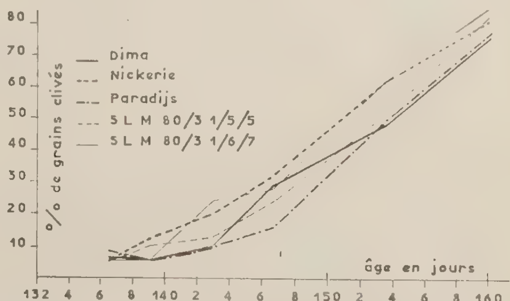


Fig. 3. — Graphique présentant le pourcentage en grains clivés, des diverses variétés, ainsi que les époques de récoltes essais en 1957.

Etant donné que, dès la récolte, on détermine la teneur en humidité du riz avant que les méthodes de séchage n'aient accru le nombre de grains clivés ; les échantillons sont d'abord classés d'après leur teneur en humidité, après quoi on procède à la détermination de l'accroissement ou de la diminution du % de grains clivés. Les données ainsi recueillies sont exposées aux tableaux 3 et 4.

Tableau 3

Influence du séchage a une température constante de 55° C en une seule fois, sur l'accroissement du % de grains clivés. Le témoin est constitué par un échantillon non séché.

Intervalle de classe des humidités en % des échantillons non séchés	Accroissement moyen du % de clivage	Nombre d'échantillons
> 22	13,9±2,51++	25
20-22	13,4±2,29++	16
18-20	9,2±1,54++	21
16-18	7,4±0,94++	35
14-16	3,8±0,71++	61
12-14	1,4±0,61+	57

+ et ++ indiquent que les différences sont significatives à 5 % et à 1 %.

Les chiffres du tableau 3 laissent nettement voir que le séchage de paddy en une seule fois, à une température de 55° C, provoque une forte augmentation du pourcentage de fentes (*ipso facto* accroît aussi celui des brisures). Toutefois, plus la teneur en humidité du produit est basse, moins cette influence néfaste se fait sentir.

Les données du tableau 4 sont relatives au séchage de paddy humide et soulignent une faible augmentation des clivages, dans la zone même, après le séchage. Lorsque la teneur en humidité est inférieure à 16 %, l'accroissement du pourcentage de grains clivés n'est pas très important même après un deuxième séchage.

Tableau 4

Influence du séchage au soleil sur l'augmentation du pourcentage de grains clivés. Le témoin est constitué par un échantillon qui n'a pas été séché.

Intervalle de classe des humidités en % des échantillons non séchés	Accroissement moyen du % de clivage	Nombre d'échantillons
> 22	1,6±0,53++	31
20-22	2,9±0,77++	20
18-20	3,7±0,77++	24
16-18	1,9±0,63++	41
14-16	0,8±0,61	61
12-14	1,2±0,65	58

Au cours de l'essai traité plus haut, l'échantillon était de l'ordre de 500 grammes de paddy, lequel a été étendu au soleil en une couche mince. Nous sommes donc habilités à supposer que le séchage au soleil — tel qu'il s'effectue dans la pratique — ne semble pas, sinon de manière très faible, affecter le riz, étant donné que, dans ce dernier cas, les couches sont nettement plus épaisses et que le séchage s'effectue plus lentement. Les essais de décorticage conduits par Stahel (5) sont arrivés à la même conclusion.

L'époque appropriée a la récolte.

Comme l'article précédemment publié le fait remarquer, il importe de récolter le paddy au moment où les possibilités de brisure sont les moins grandes. La récolte d'un riz encore immature donne beaucoup de brisures, en raison de la présence de grains crayeux, alors qu'une récolte tardive donne un nombre plus élevé de grains clivés dans le paddy, ce qui a pour résultat d'accroître les quantités de brisures. Le rapport brisures/époque de récolte demeure à peu près le même pour chaque variété, compte tenu de la diversité des conditions ; toutefois, l'époque, à laquelle la récolte peut se faire avec un minimum de brisures est, dans une grande mesure, déterminée par les conditions extérieures telles que : date du semis, fertilité du sol, état de la culture, importance de la fumure, etc... Il est, par conséquent, impossible de fixer à l'avance la date à laquelle une variété quelconque pourra être récoltée. Ceci plus particulièrement dans les périodes, au cours desquelles la maturation s'effectue rapidement, et où un retard dans la récolte est susceptible de provoquer un accroissement important de la quantité de brisures. Les chiffres déjà publiés à ce sujet confirment ce qui vient d'être exposé.

Un bon indice permettant de déterminer le moment de la récolte est la teneur en humidité du grain. Tous les échantillons analysés (au total trois cent quarante-neuf) ont fait l'objet d'un graphique, par variété, établissant la relation entre la teneur en humidité au moment de la récolte et la quantité de brisures. Lorsque les différences présentées par les variétés sont à peine détectables, leurs données sont évaluées ensemble. La teneur en humidité est présentée sur une échelle graduée par 1 % pour chaque classe, ce qui par la suite permet de déterminer l'humidité moyenne et le pourcentage de brisures. Les résultats obtenus selon cette méthode sont exposés à la figure 4.

Le même procédé a été appliqué pour établir la relation existant entre la teneur en humidité des grains au moment de la récolte et le % de grains clivés du produit non séché. Le graphique exposant ces données se trouve également à la figure 4.

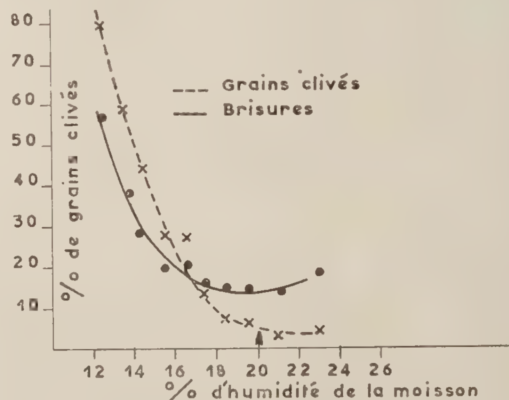


Fig. 4. — Relation existant entre la teneur en humidité et le % de grains clivés et de brisures.

L'exposé de cette figure 4 illustre clairement que le fait de récolter des grains immatures ou trop mûrs implique de mauvais résultats au décorticage. De plus, le graphique indique qu'un paddy récolté trop tôt (humidité très élevée) ne doit pas être examiné quant au pourcentage de brisures avant que n'ait été effectué le décorticage. Ceci provient probablement de ce que, en pareille circonstance, les grains immatures et crayeux sont responsables de la plus grande partie des brisures trouvées. Dans ce dernier cas le pourcentage de brisures est supérieur à celui des grains clivés. Par

opposition, si la récolte est faite tardivement (faible teneur en humidité) le pourcentage de grains clivés est à peu près du même ordre que celui des brisures. Les deux courbes sont à peu près parallèles, pour quelques variétés, ce qui montre une fois de plus, clairement, que toutes les lignes de clivage ne donneront pas nécessairement des brisures lors du décorticage.

L'examen des groupes des variétés étudiées démontre que toute teneur en humidité dépassant 19 à 21 % ne permet plus de récolter en des conditions optima. A cet égard, il est probablement superflu de signaler que ce degré d'humidité optimum est celui avec lequel sont exécutés les essais de battage de paddy. Les semences ainsi obtenues sont belles. Toutefois, dans la mesure où le paddy est plus ou moins sale, il convient de situer l'époque optimum plus ou moins tôt... ou tard.

15-231

Numéro spécial machinisme agricole. *Le Génie Rural*, Paris, 53e année, no 2, 1960 (fév.), p. 71 — 133.

Il s'agit d'un numéro dans lequel diverses personnalités du machinisme agricole métropolitain examinent sous tous leurs aspects les problèmes qui nous intéressent.

M. David, Directeur Général du Génie Rural et de l'Hydraulique Agricole introduit d'abord le numéro par une intervention sur « Le Machinisme Agricole en France ».

Note du service du génie rural de l'IRAT. — Encore que toutes les études contenues dans ce numéro soient d'un intérêt inégal pour nos lecteurs, il a semblé utile d'attirer leur attention sur l'importance de ce document, consacré essentiellement au machinisme agricole. C'est pourquoi nous avons analysé systématiquement ses soixante-cinq pages d'articles. Les années précédentes le numéro spécial a traité successivement de l'habitat rural et de l'adduction d'eau.

Agriculture et industrie, par P. Olivier, Professeur à l'Institut National Agronomique.

C'est une analyse des conditions dominant le marché en métropole en 1960.

Machinisme agricole et productivité, par J. Baratte, Membre de l'Académie d'Agriculture.

La machine agricole concourt à la production d'une façon indirecte. On ne peut, de même qu'en usine, tripler ou quadrupler la production d'une vache laitière. Le machinisme mal compris ou insuffisant peut au contraire limiter la production. Dans une exploitation agricole il bouleverse profondément l'économie et la machine n'abaisse pas obligatoirement le prix de revient d'une opération culturale. Il n'en reste pas moins qu'on ne peut échapper à la mécanisation agricole, bien ou mal selon les uns ou les autres ; il appartient à l'homme de s'en servir au mieux dans l'intérêt général et de chacun.

Les conditions générales de motorisation des petites et moyennes exploitations, par A. Carbonnel, Secrétaire Général Technique de l'A.P.E.P. (Association pour l'Encouragement à la Productivité).

Le tracteur n'est pas la motorisation, qui seule ne suffit pas sur les petites surfaces. Il convient parallèlement de réaliser une culture intensive. L'un des critères d'analyse est la comparaison du parc des départements et de l'utilisation locale des unités d'azote par hectare cultivable (variations importantes : inférieur à 2,5 dans des départements motorisés alors que la moyenne nationale est de 17).

Comparaison des différents facteurs jouant dans la rentabilité intrinsèque et la rentabilité globale.

Il convient d'étudier les adaptations : techniques, économiques, sociales.

Il n'y aura pas dans l'avenir d'exploitations de production sans mécanisation, moyen de promotion technique, économique, sociale. La généralisation se fera lentement car il faut vaincre les individualismes.

L'utilisation du matériel en commun, par J.-P. Zermati, Délégué Général de la Fédération des CUMA.

L'A. rappelle que les CUMA sont une forme d'utilisation en commun de matériel régies par des statuts homologués par les Pouvoirs publics et un règlement intérieur adapté aux cas particuliers.

A l'origine on identifiait CUMA et tracteur, puis, devant les impératifs techniques et économiques, elles mirent à la disposition de leurs adhérents des trains de culture. On trouve maintenant des CUMA : d'outils (divers), spécialisés (moissonneuses-batteuses, cornpickers, machines à traire, etc...), d'assurance (de disposer en cas de difficultés des matériels voulus). Il y a actuellement environ huit mille CUMA, dont certaines se réorientent vers l'utilisation en commun des tracteurs de plus de 30 Ch. Organismes de petites dimensions elles constituent un prolongement de l'exploitation favorisant les contacts entre les agriculteurs et la tâche des vulgarisateurs polyvalents. Un exemple des CUMA est donné (Saint-Etienne-des-Bois, Ain) montrant son origine, l'évolution de son équipement, le travail effectué, le coût du travail chez l'adhérent, son intervention en temps qu'organe de vulgarisation.

L'action des CETA, par L. Estrangin, Président de la Fédération Nationale des Centres d'Etudes Techniques Agricoles.

L'A. fait d'abord un rappel historique sur la création du CETA du Mantois par B. Poullain en 1945. Il souligne que les ingénieurs engagés se répartissaient les tâches d'agronomie et machinisme. Les méthodes de travail sont précisées en ce qui concerne le choix des matériels et les essais de comparaison au travail, devant les adhérents et les autres agriculteurs.

Les résultats sont diffus mais importants, des exemples sont donnés concernant l'extension de l'utilisation nationale de telle méthode à l'aide de matériels conçus par les constructeurs pour ce faire (tracteurs à roues, remorques semi-portées, ramasseuses presses, culti-packers, etc...). Les critiques formulées contre l'esprit de chapelle des CETA tombent d'elles-mêmes.

Pour l'avenir les petites équipes dynamiques constituées s'adapteront aux besoins nouveaux, comme elles ont su aider efficacement la première vague de mécanisation de l'après-guerre. Le développement des études de gestion permettra de choisir les meilleures solutions.

Le rôle du Centre National d'Etudes et d'Expérimentation du Machinisme Agricole, par M. Rauscher, Directeur du CNEEMA.

L'A. rappelle les buts poursuivis et montre quelques résultats atteints.

Note du service du génie rural de l'IRAT. — Ceci a déjà été indiqué plusieurs fois.

Le CNEEMA, par R. Carillon.

L'A., Chef du Service de Documention, Information du CNEEMA, justifie l'existence, dans un même organisme, des services techniques (recherche, expérimentation et essais) et de documention, information, formation ; liens entre les deux, services rendus mutuellement, satisfaction de cette double attribution — technique et pratique — garante de son efficacité pour les agriculteurs.

La conquête des petites et moyennes exploitations paysannes par les tracteurs agricoles, par H. Noilhan, Membre de l'Académie d'Agriculture.

C'est un exposé établi à partir de l'expérience acquise dans les hautes vallées du Gers et de la Save, d'après le parc des tracteurs de moyenne puissance qui y est utilisé.

Organisation d'un réseau de vente, par A. Joly, Directeur de la Compagnie Européenne de Machinisme Agricole.

Le Service Commercial du Constructeur doit vendre, instruire l'acheteur, entretenir son matériel, le répa-

rer : d'où organisation de la vente et de l'après-vente. Articulations de la Division Commerciale, des Sous-Directions Régionales, avec leurs Inspecteurs des ventes et des Agents concessionnaires.

Intervention des « conditions générales vente », des « ordre-client », des « bons de commande ». Organisation des cours internes, participation aux expositions, démonstrations, etc... Prospections et fichiers clients du concessionnaire conseillé par l'inspecteur. Séparation de l'entretien et des pièces de rechange dans l'après-vente et participation aux stages annuels chez le constructeur. Rôle du chef magasinier dans la tenue du stock de pièces et intervention du service de garantie.

La formation des conducteurs de tracteurs et des mécaniciens ruraux (ph., tabl.), par A. BECKERICH, Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture.

Après quelques chiffres sur le développement du parc de machines, la question des techniciens nécessaires pour les conduire, entretenir, dépanner est posée :

conducteurs de tracteurs occasionnels, de premier échelon, de deuxième échelon,

mécaniciens individuels (ouvriers spécialistes de grandes exploitations, mécaniciens collectifs (artisans de village).

Des barèmes horaires sont fournis.

La formation incombe à des organismes dépendant des Ministères de l'Education Nationale et de l'Agriculture.

Les Centres publics d'apprentissage agricole (Education Nationale), créés pour la formation des artisans ruraux, ont été dotés d'une section de mécanique agricole, à la demande du Syndicat National des Marchands-Réparateurs de Machines Agricoles. Ils forment théoriquement, techniquement et pratiquement en trois ans (quatrième année pour le diesel) des spécialistes et informent les agriculteurs.

Une vingtaine de Centres disposent d'une section de mécanique rurale, trois Centres sont cités spécialement : Saint-Hilaire-du-Harcouët, Neuvic-d'Ussel, Saint-Jean-d'Angély, avec leurs différentes sections et les liens établis (Foyer de progrès agricole ou Ecole régionale) avec l'agriculture. Nombre d'élèves, programmes, etc..., sont donnés. Des citations, moins développées, sont faites pour d'autres.

Les Centres de culture mécanique (agriculture) se proposent de donner à des exploitants ou ouvriers agricoles une formation mécanique pour leur permettre de conduire et entretenir leurs engins, au cours de sessions de quatre semaines ouvertes à des jeunes gens âgés de dix-sept ans ou plus. Enseignement théorique et pratique, en atelier ou aux champs. Stages choisis en fonction de l'époque la moins chargée en travaux à la ferme.

Des précisions sont données sur les Centres du Neubourg, de Chatillon-sur-Seine, d'Ondes, de Marmilhat, annexés aux Ecoles d'Agriculture du lieu. D'autres Centres d'apprentissage agricole ou culture mécanique, sont en formation : Arras, Rouffach, Yvetot.

L'article se termine par les références aux initiatives privées : Fédération d'exploitants agricoles avec les Centres de jeunes, organisant des journées de perfectionnement mécanique. Les réalisations industrielles de CIMA (journées de perfectionnement), de Renault et Massey-Ferguson (Ecoles de Sonchamp et Gif-sur-Yvette), destinées en principe aux seuls agents de ces marques sont commentées. Il faut se féliciter de constater des accords de coordination entre les Départements ministériels responsables et espérer voir se multiplier, dans chaque région, les Centres de formation de spécialistes de l'industrie, des marchands réparateurs, des exploitants agricoles.

Mécanisation de l'agriculture et problèmes de crédit (graph.), par M. CRAMOIS.

L'A., Directeur Général de la Caisse Nationale de Crédit Agricole, fournit des chiffres, commentaires, graphiques concernant les investissements de l'agriculture en matériels d'équipement mécanique, les facilités de crédits à moyen et court terme, la part du Crédit Agricole dans cet ensemble.

L'avenir du motoculteur, par R. FISCH, Ingénieur ECP.

Enumération des interventions du motoculteur dans les différentes opérations agricoles, au sens large, et des utilisateurs actuels et possibles.

Les tracteurs modernes (ph., sch., graph.), par M. RAGUENAULT, ancien ingénieur du Génie Rural.

Considérations générales sur l'évolution du tracteur en fonction des efforts des industriels conduisant à une augmentation de la puissance massive.

Tendance pour la recherche d'un minimum d'unités cylindres : exemple.

Améliorations en matière de transmission : changement de vitesse à arbre intermédiaire et à planétaire (résistance à l'usure, rendement mécanique). Evolution à attendre, citation des systèmes hydrauliques pur et mixte.

Grâce à ses accessoires le tracteur est devenu l'appareil « tous emplois » indispensable en culture.

Les liaisons tracteur-outils, par L. BOURNAS, Ingénieur du Génie Rural au CNEEMA.

Le tracteur évolue irréversiblement vers une conception polyvalente, l'énergie du moteur étant utilisée non seulement pour tirer les outils, mais aussi pour les mouvoir. Le tracteur fait de plus en plus corps avec son outil et le système de liaison doit permettre de déplacer l'outil et de lui transmettre l'énergie nécessaire au fonctionnement des organes travaillants ; il doit assurer le terrage et le déterrage de l'outil, son réglage en travail et une utilisation optimum des possibilités d'adhérence du tracteur.

Il étudie les systèmes de forces appliquées à une charrue, dans le cas d'un sol horizontal, homogène, d'adhérence constante, pour une profondeur de travail et un réglage déterminés.

Il passe ensuite en revue les différents systèmes de liaison tracteur-outil. Dans le cas d'un outil porté, la régulation se fait de telle sorte que l'effort de traction reste constant. Si l'effort de traction a tendance à augmenter, la profondeur de labour diminue et inversement. Si l'adhérence au sol diminue et que le tracteur patine, le conducteur doit agir sur le relevage pour diminuer l'effort de traction en travaillant à plus faible profondeur.

Dans le cas d'outil semi-porté, on peut faire la régulation soit de l'effort de traction (on en revient au cas précédent), soit de la réaction de talonnage. On peut aussi utiliser le système de transfert de charge, qui consiste, quand la résistance du terrain augmente, en une mise en pression de l'huile du vérin, qui appuie sur le piston et, en diminuant la réaction de tallonnage, entraîne un transfert de charge des roues avant sur les roues arrières.

Si on utilise la régulation de la réaction de talonnage, c'est une roue de jauge de la charrue qui commande le remplissage du vérin quand la réaction de talonnage augmente, donc si l'effort de traction augmente. Le relevage agit jusqu'à ce que la réaction de talonnage ait repris sa valeur initiale.

En conclusion, l'A. insiste sur le fait que la liaison tracteur-outil fait partie du tracteur et doit donc être étudiée et livrée avec lui.

L'évolution du tracteur vigneron (ph., sch.), par J. DEMAY, Ingénieur-Conseil en Machinisme Agricole.

Quarante mille tracteurs sont utilisés dans le vignoble. Ils sont plus ou moins adaptés aux divers besoins des viticulteurs invoquant rendement et qualité pour ne pas changer leurs plantations actuelles ou futures. Heureusement certains sont souvent aussi agriculteurs ou arboriculteurs, d'où une évolution dans l'utilisation des machines.

Difficultés de la mécanisation de la viticulture. Rappel des exigences en travaux de préparation, entretien, transport. Puis examen des difficultés dues au terrain

(nature du sol, relief, surface des parcelles), au passage entre les vignes (espaces libres entre les rangs, et en fourrière).

Moyens de traction utilisables. Le tracteur ne répondant pas à l'ensemble des conditions il faut recourir : au treuil, au motoculteur, au tracteur vigneron (spécialisé ou modifié en vue de cet usage).

Tracteurs vignerons spécialisés : Tracteurs étroits à deux roues motrices, à chenilles, à quatre roues motrices (impératifs à respecter, classification).

Tracteurs enjambeurs à châssis surélevé, à châssis en portique latéral.

Tracteurs classiques à voie réduite. Réduction et élargissement de la voie (différentes possibilités), attelage et relevage des outils (conditions à respecter, systèmes de la perche de relevage et inversion du bras supérieur).

Machine aratoire moderne de fabrication française, par J. Chaussade, Ingénieur Civil du Génie Rural.

L'A. essaie de définir les modèles ayant amené les constructeurs français à créer les machines aratoires modernes.

A la recherche d'une charrue pour tracteurs. Le brabant était très bien adapté et au point ; la demande est encore grande et pour la culture attelée et pour la motoculture. A la Libération les charrues de motoculture, pas très adaptées, existaient déjà. Les bureaux d'études travaillaient et les constructeurs s'orientèrent soit sur les engins traînés de grande puissance, chers et n'intéressant que les grosses exploitations et les coopératives, soit vers les charrues portées à la suite de Harry-Ferguson. Là le problème était plus complexe et apportait une révolution : instruments adaptés au tracteur, plus légers donc plus économiques, améliorant le travail du tracteur grâce au système trois points à report de charge. Ceci impliquant un mariage harmonieux entre constructeurs de tracteurs et d'outils. D'autres choisirent la formule intermédiaire : semi-portée.

Vingt ans après la sortie du premier tracteur à attelage trois points perfectionné, sur soixante-dix mille tracteurs vendus en France par an, 75 % sont à attelage trois points et 75 % des charrues sont conçues pour y être adaptées. Mais les trois versions de charrues ont subsisté. Toutefois la victoire appartient à ceux fournissant l'engin porté adapté au tracteur.

Culture intensive et extensive : à la suite des contacts internationaux permis par l'après-guerre les constructeurs français ont pu s'informer au loin. Deux solutions s'opposent : culture extensive, grandes étendues à faible peuplement des Amériques, d'Afrique, d'Asie avec rendements faibles ; culture intensive, utilisant tous les moyens pour augmenter les rendements/ha.

Dans la première, après défrichement, supériorité du disque en formule traînée (robuste, effort de traction réduit, rustique) travaillant peu profondément dans le cadre de méthodes de conservation du sol. Puis on approfondit les labours.

La seconde utilise de préférence le poly-soc d'abord traîné, puis derrière des tracteurs moins puissants les engins portés, en passant du labour en planches au labour à plat. Pour cela il a fallu concevoir des engins à attelage commode, à réglages efficaces, précis et faciles, à retournement automatique, avec systèmes de sécurité. La charrue portée réversible a acquis ses lettres de noblesse.

Pseudo-labours et façons superficielles : l'époque n'a pas encore détrôné la charrue classique mais le fermier, particulièrement celui de l'Amérique du Nord, dispose d'un nombre important d'outils pour : briser, niveler, billonner, enfouir, sous-soler, etc..., à disques ou à pointes (certaine maison américaine en a plus de cent sur son catalogue). On peut se demander d'ailleurs s'il n'y a pas là gaspillage.

La machine aratoire rotative : de l'outil à main à la machine attelée il n'y a pas grande différence de conception. Lors de l'intervention de la traction mécanique des brevets ont été pris, basés sur la rotation des outils travaillants, utilisant plus rationnellement l'énergie du moteur. Depuis, le gyrotiller (anglais), le rotavator (australien) ont conquis une grande place sur le marché, mais la houe rotative (allemande) paraît plus rationnelle pour : hersages de labour, déchaumage, enfouissement de verts, défrichement de prairies.

Il reste que le point de vue agronomique sur les diverses méthodes de travail du sol est encore à l'étude.

Les matériels de travail du sol en vue de la création des prairies temporaires, par A. Mahon, Ingénieur en Chef des Services Agricoles.

Compte tenu des exigences des prairies lors de leur établissement (semences, milieu), certaines conditions de préparation du sol doivent être respectées : travail en profondeur, travail superficiel et tassement, que l'on parte d'une sole cultivée normalement ou d'une ancienne prairie (plus difficile). Pour cela on peut utiliser d'abord divers engins : houes rotatives (description ; mode d'utilisation), instruments à disques (pulvériseurs, disqueuses, déchaumeuses ; mode d'utilisation), puis des charrues à socs et à disques. On doit terminer par des matériels d'émiettement et de tassement (rouleau brise-mottes croskill, rouleau rayonneur).

Le semis des prairies entraîne des dépenses importantes basées sur l'emploi de nombreux matériels, dont il convient de savoir se servir.

Pour une utilisation rationnelle du matériel électrique d'intérieur de ferme (sch., ph.), par M. Blanchard, Ingénieur Civil du Génie Rural.

L'intérêt de tous réside dans une meilleure utilisation de l'électricité, obtenue par une information mutuelle des agriculteurs (besoins) et des distributeurs (possibilités de distribution, tarifs spéciaux).

Transports et véhicules agraires (ph.), par F. Mignotte, Chef de Travaux de Machinisme Agricole à l'ENA Grignon.

Exemples confirmant les données de Tony Ballu : 50 à 60 t ha/an sont à transporter dans l'exploitation.

Gain de temps et économie : accélération de la vitesse, augmentation de la capacité des véhicules sont permises par la motorisation. Initialement en culture attelée le PM était égal à la CU, actuellement il est de l'ordre de 1/4 ou du 1/5 : ceci amène des gains de temps considérables.

Il convient de bien penser le problème : le bricolage des engins anciens pour les adapter aux tracteurs n'est qu'une solution d'attente. Le camion ne se justifie que dans les grandes exploitations... à condition que son prix soit abordable.

La remorque, outre ce qui vient d'être dit, améliore les conditions d'amortissement du tracteur mais il faut la choisir.

Il existe différents types de traînées, qui diminuent de capacité (5-6 t), sont utilisables avec tous les tracteurs (avantages, inconvénients), mais elles tendent à disparaître.

Remorques à un essieu équilibré : qui concilient maniabilité et économie (suppression d'un essieu) ainsi que facilité d'attelage et interchangeabilité ; mais l'essieu doit être fort et on tasse le sol. Certaines disposent d'une roue escamotable.

Remorques semi-portées : reportent sur l'essieu arrière du tracteur une partie de la charge (diminution du poids et augmentation de l'adhérence), elles ont un grand succès particulièrement dans les exploitations à un tracteur.

Mais il convient qu'elles soient bien adaptées au tracteur (joint de liaison, joint d'appui). Considérations théoriques, possibilité de report de 35 % de la charge sur l'essieu arrière du tracteur. La charge des remorques semi-portées varie de 3 à 5 t et une tendance à l'augmentation se manifeste : accrochage et décrochage faciles sont maintenant réalisés, ainsi que systèmes anticabrage ; les progrès sont remarquables.

Caractéristiques des matériels actuels.

Châssis, roulement, sécurité, caisse sont passés en revue de façon plus ou moins détaillée.

Charge financière due à la mécanisation dans trois groupes homogènes d'exploitations (tab.), par L. Grontec, Ingénieur Agricole.

Analyse des résultats fournis par les Centres de Gestion d'Economie Rurale pour les groupes de 13 à 25, 20 à 30, 75 à 130/ha. Enseignements apportés.
Conclusion.

Le tracteur soviétique DT 20, par L. Llabres.

L'A., Directeur Technique de la Société Interagra, indique qu'après le premier cycle d'essais du CNEEMA, il est utile de fournir les caractéristiques essentielles du « DT 20 » : moteur, boîte de vitesse, châssis, système hydraulique.
Particularités : boîte de vitesse à inverseur de marche, possibilité de modifier empâtement et garde au sol, crochet de remorquage fixé par suspension articulée.

III

BIBLIOGRAPHIE ANALYTIQUE

SOL

Techniques et méthodes d'analyse

***15* - 232**

Mac Clung (A. C.), de Freitas (L. M. M.), Lott (W. L.). — **Analyses of several brazilian soils in relation to plant responses to sulfur.** (Analyses de quelques sols du Brésil en liaison avec les réponses des plantes au soufre). *Soil Sc. Soc. Am. Proc.* Madison, 1959 (mai-juin), 23, 3, 2216224, 3 fig., 2 tab., bib. (14 réf.).

Compte rendu d'expériences en serre qui mettent en évidence une pauvreté généralisée des sols du Brésil en soufre. Les sols de savane haute paraissent les plus carencés, mais les horizons superficiels de sols vierges répondent eux aussi à un apport de S. Il semble qu'il y ait lessivage du soufre, les horizons profonds étant moins carencés.
Une méthode possible d'extraction de S utilisable par les plantes pourrait être la méthode à l'acétate d'ammonium.
Cette carence et la réponse à un épandage d'engrais apportant du soufre pourraient être beaucoup plus évidentes si les sols étaient normalement approvisionnés en N et P.

A. C.

***15* - 233**

Wilcox (J. C.). — **A statistical comparison of laboratory methods of determining the permanent wilting point of soil.** (Comparaison statistique de méthodes de laboratoire pour la détermination du point de flétrissement permanent du sol). *Cand. Journ. of Soil Sc* Ottawa, 40, 1, 111-112, bib. (4 réf.) 1960 (févr.).

Sur cent vingt-cinq échantillons de sols à texture variée, mais qui appartiennent tous aux sols bruns, l'A. a réalisé systématiquement diverses déterminations en vue de relier les valeurs du point de flétrissement réel (déterminé avec le tournesol comme plante indicatrice) à certaines données analytiques : granulométrie, humidité équivalente, hygroscopicité, pression à 15 kg.
L'étude des coefficients de corrélation obtenus met en évidence la valeur des résultats obtenus par la presse à membrane sous 15 kg de pression. Toutefois le point de flétrissement ne correspond pas exactement avec la teneur en eau après prétraitement à 15 atmosphères. La relation qui lie ces deux variables est la suivante : Humidité au point de flétrissement = Humidité à 15 atmosphères $\times$ 1,016 — 0,662.

A. C.

Facteurs de formation des sols

***15* - 234**

Tan Kim Hong, Van Schuy Lenborgh (J.). — **On the classification and genesis of soils derived from andesite volcanic material under a monsoon climate.** (Sur la classification et la genèse des sols dérivés de roches volcaniques andésitiques sous un climat de mousson). *Neth. Journ. of Agric. Sc.* Wageningen. 7, 1, 1-21, 14 tab., bib. (50 réf.) 1959 (févr.).

Etude morphologique, minéralogique et chimique des profils de sols, formés sur les flancs du volcan Lawu, dans les Indes Néerlandaises, entre 500 et 3.300 m d'altitude et sous climat de mousson (pluviométrie supérieure à 2.000 mm dès l'altitude de 100 m).
La comparaison avec les sols formés sous un climat plus régulièrement humide montre que le processus de ferrallitisation se produit à des altitudes plus élevées sous climat de mousson. Les auteurs mettent en évidence une répartition des types de sols en fonction de l'altitude :

de 300 à 1.000 m : sols ferrallitiques bruns et rouge-brun,
de 1.000 à 1.400 m : sols ferrallitiques forestiers bruns,
de 1.400 à 2.000 m : sols bruns forestiers,
de 2.500 à 3.300 m : sols bruns podzoliques.

Il semble que le facteur dominant de la genèse de ces sols sous un tel climat est la matière organique. Etude plus particulière de l'évolution du rapport C/N du sol et des végétaux en fonction de l'altitude et dans le profil. Nombreux tableaux d'analyses.

A. C.

***15* - 235**

Daveau (S.). — **(Soudan Français).** Les formes d'altération du grès observables sur le plateau de Bandiagara. *Rev. Géom. Dynam*, Paris, 7-8, 103-11, 5 fig., 1958 (juill.-août).

Les grès du plateau de Bandiagara (rapportés au cambro-ordonicien) intensément diaclasés, sont des grès siliceux, parfois plus ou moins quartzitiques, ou comportant d'assez nombreux cristaux de feldspath.
Ils s'altèrent lentement par des processus variés, en différentes formes qui peuvent être groupées en quatre grandes catégories :

a) Formations latéritiques (en buttes isolées entièrement inactuelles, jouant le rôle de roche tendre dans les conditions climatiques actuelles.

b) Les patines : recouvrant presque tous les grès qui affleurent à nu (patines ferrugineuses).

c) Les fragments anguleux de types divers :

de formation inactuelle : petits fragments de grès ferrugineux, entre les dépôts sableux superficiels et le grès ;

de formation actuelle : fragments de patine, cassures étoilées, écailles de desquamation.

d) Le sable : qui, entraîné, va se déposer en mince nappe à la surface des glacis, ou dans les lits des marigots.

On peut estimer une ablation de l'ordre de 1 cm en un ou deux siècles, par desquamation sans tenir compte de la désagrégation granulaire, agissant en permanence. Au total pourtant l'évolution actuelle des formes semble faible sur le plateau de Bandiagara.

C. T.

Propriétés physiques et chimiques des sols

***15*-236**

Gokhale (N. G.). — **Soil nitrogen status under continuous cropping and with manuring in the case of unshaded tea.** (L'azote du sol sous culture continue et avec fumure dans le cas de culture du théier sans ombrage). *Soil. Sc.* Baltimore, juin 1959, 87, 6, 331-3, 1 fig., 1 tab., bib, (4 réf.).

Compte rendu d'essais de fumure suivis depuis 1930 dans le nord-est des Indes. La culture du théier est réalisée sans arbre d'ombrage. La dégradation de la teneur en azote depuis le début de l'essai est très sensible dans le cas des parcelles non fumées. Par contre, dans les parcelles ayant reçu de l'engrais, les résidus de végétation ont un effet améliorant : le bénéfice de l'opération est proportionnel au taux de fertilisation. Le résultat optimum semble obtenu pour une formule NPK correspondant approximativement à 50-24-24 kg/ha. Expression mathématique du bilan de l'azote sous culture de théier dans les conditions de l'expérience.

A. C.

***15*-237**

Vamos (R.). — **Inhibition of sulphate reduction in paddy soils.** (Inhibition de la réduction des sulfates dans les sols de rizières). *Nature*, Londres, 1958, 182, nº 4650, 1688 (rés. extr. Bull. Sign. nº 20-242013).

Pour éviter la réduction des sulfates en sulfures, nuisibles à la végétation du riz, il faut ajouter des quantités suffisantes de nitrates. H_2 libéré par la fermentation butyrique est alors utilisé préférentiellement pour la réduction de ceux-ci.

C. O.

***15*-238**

Greenland (D. J.). — **Nitrogen gains and losses in tropical soils.** (Gains et pertes d'azote dans les sols tropicaux). IIIe Conf. Interafr. Sols, Dalaba Guinée, 1959 (nov.), III, 132, 2 tab., bib. (14 réf.).

Sous végétation naturelle, les gains nets en N sont de l'ordre de 50 à 150 kg par hectare et par an sous forêt et de 40 à 120 kg sous savane. Sous culture, il y a perte d'azote de 20 à 200 kg par ha et par an, cette quantité variant beaucoup avec la plante cultivée et avec les pratiques culturales ; les pertes se produisent alors surtout par lessivage ; elles devraient être facilement décelables par lysimétrie ; malheureusement les lysimètres sont encore très rares en Afrique.

S. B.

***15*-239**

Kauffmann (J.) et Bocquel (G.). — **Influence du thermo- et de l'hygropériodisme sur la formation de l'humus. Incidence du problème sur la conservation de l'humus dans les terres acides sous climat tropical.** *C. R. Acad. Sci.* (Paris), 1960 (févr.), T. 250, 7, 1314-16, bib. (2 réf.).

De l'étude de l'humification de la paille, durant une période de deux mois, dans différents milieux aérés soumis périodiquement à des variations, soit d'humidité, soit de température, il ressort que :

Le thermo- et l'hygropériodisme n'influent pas sur la quantité d'acides fulviques, qui demeure pratiquement constante pour tous les traitements.

L'addition d'éléments minéraux augmente la quantité d'humus formé.

En milieu neutre, calcique, à humidité constante et à 28°, l'humus formé est plus stable que dans le milieu acide soumis aux mêmes conditions d'humidité et de température.

L'hygropériodisme freine la formation de l'humus, mais favorise, comme le thermopériodisme, sa conservation dans les milieux acides.

Les A.A. en déduisent qu'il est plus vraisemblable que la diminution du taux d'humus dans les milieux acides témoins résulte, non d'une destruction rapide de l'humus formé, mais de la destruction de substances pseudo-humiques instables, l'humus stable n'étant que peu ou pas formé.

C. T.

Propriétés biologiques des sols

***15*-240**

Grasse (P. P.). — **Un nouveau type de symbiose : La meule alimentaire des termites champignonnistes.** *La Nature* (Paris), sept. 1959, nº 3293, p. 385-9.

Chez les *Mastotermitidae, Termopsidae, Hodotermitidae, Calotermitidae* et *Rhinothermitidae* existent dans une ample dilatation de l'intestion postérieur des protozoaires flagellés très particuliers, qui digèrent la cellulose.

Chez les termites dits supérieurs (ou *Termitidae*), les auxiliaires de la digestion sont ici des bactéries contenues dans l'intestin postérieur, proches apparemment de celles de la panse des ruminants.

Chez les termites champignonnistes ou « *Macrotermitinae* » existent dans les termitières des meules composées de bois mâché ou de « confetti » de feuilles et imbibées de salive. Sur ces meules maintenues à humidité et température constantes (28-30°) se développent des basidiomycètes agaricinés (les Termitomyces).

Ces meules paraissent être par elles-mêmes l'aliment le plus important, sinon le seul, dont les *Macrotermitinae* se nourrissent. L'enlèvement selon les sous-familles de la partie inférieure ou de la partie latérale de ces meules par les ouvriers est compensé par des apports équivalents ou supérieurs en volume à la face supérieure ; la meule est en perpétuelle reconstruction. Le cas des meules d'*Acanthotermes* est compliqué du fait que ces meules sont d'abord attaquées par dedans et à certains moments entièrement mangées.

Cellulose et lignine sont les constituants quantitativement les plus importants de la meule, qui contient aussi des glucides variés : amidon, arabinose, etc., ainsi que des composés protéiques. Les substances de croissance, les vitamines et les acides aminés indispensables sont aussi présents.

La meule est un aliment complet utilisé en presque quasi totalité par l'insecte (excréments très restreints).

Le Termitomyces paraît exercer une double action sur les matériaux de la meule :

1) il dégrade et digère la lignine,

2) du même coup, il démasque la cellulose. Celle-ci plus ou moins modifiée est alors attaquée

par les bactéries cellulolytiques existant dans l'intestin postérieur des ouvriers.

Les *Macrotermitinae* recourent donc pour s'alimenter à une double symbiose, la première avec un champignon, la deuxième avec les bactéries.

G. Ba.

15-241

Grasse (P. P.), Noirot (Ch.). — **Rapports des thermites avec les sols tropicaux.** *Rev. Géomorph. Dynam.* (Paris), 1959 (janv.-avr.), n° 1-2, 3-4, 35-40.

Divers pédologues et agronomes se sont déjà intéressés au rôle agrologique des termites tropicaux : Drummond (1888), Pendleton (1941), Hess (1955), Heinzelin (1955), Nye (1955), Tricart (1957), Erhart, Taltasse.

Les termites de savane orientent la pédogénèse des sols qu'ils occupent ; ils remontent en surface des matériaux profonds prélevés sous les gravillons ou les blocs de latérite et recherchent des éléments fins pour l'édification de la partie centrale de leurs nids (déplacements horizontaux possibles).

Les termites constructeurs ont besoin d'eau pour leur salive et la climatisation de leur nid, les termitières étant plus humides que les sols environnants.

Selon leur architecture et leur nature les diverses termitières influent différemment la circulation des eaux pluviales et l'érosion superficielle (termitières épigées des *Bellicositermes*, placards superficiels de certains *Odontermes* nids à exoécie de certains *Odontermes* et *Protermes*).

L'A. critique ensuite la croyance à l'origine termitique de certains blocs et cuirasses latéritiques et une bibliographie détaillée et particulièrement intéressante termine cet article.

G. Ba.

15-242

Boyer (Ph.). — **De l'influence des termites de la zone intertropicale sur la configuration de certains sols.** *Rev. Géomorph. Dynam* (Paris), 1959 (janv.-avr.), n° 1-2, 3-4, pp. 41-44 (d'après résumé de l'auteur).

L'importance en savanes tropicales des constructions terreuses de certaines espèces du genre *Bellicositermes* change totalement la configuration du relief de ces régions. Les cuirasses lacuneuses creusées de galeries ne sont pas forcément l'œuvre des termites. De même, les cuirasses alvéolaires à alignements périodiques ne peuvent être attribuées à une évolution pédologique des termitières actuelles vivantes ou mortes.

Pour la plupart des termites, l'eau et l'argile sont les facteurs les plus importants à l'établissement et au développement des colonies.

Dans le tumulus géant de *Bellicositermes rex*, l'hydromorphie temporaire d'engorgement des horizons de comblement entraîne une nodulation du carbonate de chaux.

L'érosion a un rôle très inégal selon le type de construction termitique.

La disparition d'horizons gravillonnaires latéritiques et le démantellement des cuirasses situées sous la termitière de *Bellicositermes* est complexe ; elle est partiellement due aux prélèvements des matériaux argileux par les ouvriers du termite, mais aussi aux conditions physico-chimiques créées par l'ensemble de la termitière, dont la conséquence et la solubilisation des hydroxydes de fer et de manganèse avec évolution de la matière organique sous des formes jouant un rôle protecteur vis-à-vis de ces hydroxydes.

G. Ba.

15-243

Hoeksema (K. J.), Jongerius (A.). — **On the influence of earthworms on the soil structure in mulched orchards.** (Influence des vers sur la structure des sols dans des vergers mulchés). International Symposium on soil Structure, Gand, 28-31, 1958 (mai), 188-194.

Pour les plantes, la tension désirable de l'eau se situe entre pF 2 et pF 3, ce qui nécessite dans le sol des pores de 3 à 30 microns de diamètre. Dans la plupart des sols, ces pores dépendent de l'activité de la microfaune ou correspondent à d'anciennes racines.

Pour l'air, une bonne aération est possible avec des pores continus de plus de 30 microns de diamètre et pour des sols à bonne rétention d'eau, ces pores n'existent que grâce à l'activité biologique.

Sans cette activité biologique, les pores dans le sol sont déterminés par l'arrangement mutuel des constituants minéraux et seulement 30 à 40 % du sol total sont disponibles pour l'air et l'eau. Dans les bons sols 60 à 70 % du volume total sont disponibles. Si dans ces sols, le volume d'eau retenu est d'environ 40 %, 20 à 30 % restent pour l'air.

Les arbres fruitiers préfèrent les sols à forte activité biologique, d'où l'apport de matières organiques (fumier ou mulch d'herbes) qui protège la structure du sol et en stimule l'édification par l'intermédiaire des vers. Ceux-ci sont responsables de la majeure partie des pores entre 1 et 8 mm de diamètre.

Les petites espèces de vers vivent en surface mais les plus grosses espèces peuvent descendre à 1,20 m-1,50 m.

Les vers ingèrent partiellement la terre et cimentent les parois de leurs galeries par leurs déjections, le surplus de ces dernières étant éliminé dans les fissures du sol ou rejeté en surface.

2.000 kg de vers à l'hectare n'a rien d'anormal et en cinq ans, il est possible que tout l'horizon supérieur d'un sol passe par le tube digestif des vers. L'humidification est favorisée par leur activité et, avec une matière organique riche en protéines, ils forment des agrégats sombres et bien stables ; il est donc recommandé de ne pas laisser l'herbe pousser trop haute avant la coupe et le mulching. L'azote apporté au sol se lie partiellement à cet humus des sols à vers.

Les vers sont susceptibles à la dessiccation. Dans certains sols argileux, les gros vers peuvent descendre à 1,50 m et ces sols à la longue finissent par perdre leur caractère imperméable.

A 25 cm dans un sol mulché (herbes) nous avons compté deux cents vers au m^2.

Après quinze à vingt ans de mulching, la stabilité structurale s'est notablement accrue mais la charrue à disques et la culture diminuent rapidement cette amélioration en lésant les animaux, réduisant la stabilité des agrégats et favorisant la dénitrification du sol.

G. Ba.

15-244

Wang Yu Ching. — **The survival of *Azotobacter* in the paddy soil.** (Survivance de l'*Azotobacter* dans les sols à riz). *Acta Agricultural Sinica*, Peking, 1960 (févr.), vol. XI, n° 1, p. 83-9, 3 fig., bibliographie de seize références.

Des expériences en laboratoires furent faites pour comparer le degré de survivance de l'*Azotobacter* dans des sols à paddy secs ou gorgés d'eau ; conditions qui furent modifiées par différents traitements.

1) Le fait que les sols à paddy soient secs ou gorgés d'eau affecte la survivance de l'*Azotobacter*. Celui-ci survit plus dans un sol gorgé d'eau que dans un sol sec.

2) Sur un sol gorgé d'eau, un apport de source d'énergie rapidement utilisable provoque une diminution prononcée du nombre d'*Azotobacter*, mais a peu d'effet sur la multiplication des autres bactéries.

3) Luzerne, paille de riz et fumier créent des conditions favorables à la multiplication des *Azotobacter*

et des bactéries d'autres sols, que les sols de rizières soient secs ou gorgés d'eau.

4) L'apport à la fois de sulfate d'ammonium et de phosphate de potassium, surtout pour les sols gorgés d'eau, amène une diminution du nombre des *Azotobacter* et un accroissement marqué du nombre des autres bactéries.

15 - 245

Eno (C. F.). — **The relationship of soil reaction to the activities of soil microorganisms.** (Rapport entre les réactions du sol et l'activité des microorganismes). *Soil crop. Sci. Soc. Fla. Proc.* Gainesville, 1957, 17, 34-47 (rés. *Soil and Fertilizers*, Harpenden).

La réaction optima d'un sol est à pH 7 à 9 pour la nitrification, aux environs de pH 7,8 pour la fixation de N par *Azotobacter* et quelquefois plus bas pour la fixation de N par *Clostridium* et au-dessus ou au-dessous de pH 7 pour la fixation symbiotique, dépendant des Légumineuses. Certains organismes pathogènes ne peuvent résister à certaines réactions de sols, tels que *Actinomyces scabies* à pH $< 4,8$ ou *Plasm. brassicae* et *Bact. solanacearum* en sol alcalin. L'activité microbiologique sera la plus satisfaisante pour la majorité des cultures pour un pH optima de 5,5 à 6,5.

Potentiel des sols. Sa correction

15 - 246

Culot (J. P.). — **Symptômes de déficience nutritive du caféier Robusta dans la Cuvette congolaise.** *Bulletin d'information de l'INEAC* (Bruxelles), vol. VIII, n° 3, juin 1959, p. 189-199, tabl., photos en couleur.

Le diagnostic des déficiences en éléments nutritifs des plantes est généralement basé sur l'interprétation des résultats fournis par des analyses pédologiques et végétales. Des symptômes visuels traduisent souvent le déséquilibre interne de la plante et peuvent guider un expérimentateur averti dans son diagnostic, avant de connaître les résultats analytiques.

L'auteur décrit dans son étude quelques symptômes typiques de carence en éléments majeurs qui affectent le caféier Robusta dans la Cuvette centrale congolaise.

Déficience en azote :

Atténuation uniforme de la couleur des feuilles pouvant aller jusqu'à la dépigmentation complète du limbe, chez les jeunes caféiers en particulier. Décoloration des nervures. Le sujet se développe mal ; les branches plagiotropes, peu fournies et peu fructifères ont tendance à rester érigées. Défeuillaison abondante et précoce. Tous les caféiers d'une plage sont généralement affectés.

Dans tous les cas observés, les analyses foliaires révèlent chez les caféiers adultes une teneur en azote inférieure à 2,2 % alors que normalement celle-ci fluctue entre 2,3 et 3,0 % selon les saisons.

Deux conditions écologiques sont susceptibles d'occasionner cette déficience : l'abaissement du taux de matière organique du sol et la concurrence d'une couverture de Graminées, notamment de *Paspalum conjugatum*.

Pour lutter contre le décapage, il faut lutter contre le ruissellement et l'érosion latérale ; protéger le sol contre les rayons solaires directs par une couverture. Le décapage et la concurrence des Graminées agissent le plus souvent simultanément. Après l'élimination de *Paspalum*, un paillage et une fumure azotée sont indispensables.

Déficience en magnésium :

Elle se manifeste surtout par des symptômes foliaires : les feuilles adultes de rang supérieur à six présentent un jaunissement des parties du limbe les plus éloignées des nervures principales.

Les cas de déficience sont distribués au hasard dans les champs ; ils se rencontrent fréquemment chez les sujets hauts producteurs.

Les feuilles qui présentent les symptômes décrits dosent environ 0,05 % de magnésium, alors qu'en moyenne elles en contiennent 0,25 %. Cette déficience semble assez répandue dans la Cuvette centrale ; elle est quelquefois liée à de faibles teneurs en azote. L'antagonisme « potassium-magnésium » semble général pour le caféier Robusta. Aucune corrélation n'apparaît entre le pourcentage en magnésium échangeable du sol et d'éventuelles carences.

Déficience en potassium :

Cette déficience peut se manifester de deux façons différentes :

certains caféiers présentent un feuillage d'une coloration intense,

d'autres, par contre, présentent une atténuation de la couleur normale des feuilles qui prennent une teinte cuivrée ; on note une dépigmentation des nervures principales et des taches nécrotiques rouges. Une défeuillaison abondante affecte les branches fructifères, les fruits n'arrivent pas à maturité ; les branches souffrent d'un « die-back » prononcé.

Dans le premier cas, la teneur des feuilles en potassium est déficitaire, tandis que celle en azote dépasse largement la valeur moyenne observée d'habitude chez le Robusta. Le second cas correspond à une déficience simultanée en potassium et en azote.

La carence en magnésium provient principalement de l'abaissement du taux de potassium échangeable du sol, qui se présente fréquemment en terrain peu argileux fortement lessivé, ou en sol plus lourd à la suite d'un « clean weeding » prolongé.

Le plus souvent, un paillis abondant et des apports d'engrais potassiques permettent de remédier au mal.

Il est souvent nécessaire de vérifier si les décolorations ou malformations ne sont pas dues à des causes phytopathologiques.

15 - 247

Abichandani (C. T.). — **A simple and rapid tissué test for determination of nitrogen requirement of rice crop** (Essai simple et rapide pour la détermination d'un besoin en azote du riz) *Rice News Teller*, New Delhi, 1960 (janv.), vol. VIII, n° 1, p. 12-4, 3 fig.

Des essais rapides ont été effectués avec succès, aux Etats-Unis, dans le Royaume-Uni et au Japon, sur des tissus, pour déterminer les besoins nutritifs des cultures.

Ce procédé, par sa réalisation facile et peu coûteuse, offre des avantages sur les analyses chimiques du sol et de la plante.

La détermination du taux d'azote par des tests rapides est actuellement expérimentée à la division de chimie agricole de l'Institut Central de Recherches sur le riz à Cuttack.

Le riz absorbe l'azote du sol surtout sous forme d'ammonium, qui se transforme en acides aminés, polypeptides et protéines simples.

Ces produits représentent des formes de réserves, en déterminant la proportion de ces corps dans la sève de la plante, on peut en déduire le besoin en azote des cultures.

Deux méthodes ont été expérimentées ; dans la première la sève est extraite en pressant la tige à l'aide de pinces, dans la deuxième elle est obtenue par extraction à l'aide du réactif de Morgan.

On a observé que les réserves en azote étaient principalement localisées dans la partie basse des tiges.

Les échantillons des tiges (cinq à sept pour un champ) sont prélevés sur le talle principal à 1 à 3 cm du sol, vingt à trente jours après le repiquage.

Dans les deux méthodes, la sève, obtenue directement ou par le réactif de Morgan, est placée au centre d'un disque de papier filtre de 8-9 cm de diamètre.

Le développement des chromatogrammes est opéré avec un solvant organique composé de quatre parts de n-butanol, une part d'acide acétique glacial, et une part d'une solution aqueuse de ninhydrine à 1 %.

Un à deux cm^3 de ce solvant est placé dans un verre de montre, sur lequel est placé le disque de papier filtre, au centre duquel on a préalablement fixé une petite mèche de papier ; le tout est placé dans une boîte de Pétri. Au bout d'environ vingt-cinq minutes la tache circulaire a 5 cm de diamètre ; on met alors à sécher à 60-70° C.

L'intensité de la coloration bleu violacé et l'épaisseur de l'anneau sont proportionnelles à la teneur en éléments azotés. La comparaison avec les standards doit être faite immédiatement car la coloration pâlit rapidement. Après le quarantième jour qui suit le repiquage, ces tests ne donnent plus d'indications précises.

***15* - 248**

Langfield (E. C.). — **The effect of the placement of ammonium sulphate on the vield of rice in Northern Australia** (Influence de la localisation du sulfate d'ammoniaque sur le rendement du riz en Australie du Nord). *Tropical Science*, Londres, vol. I, n° 4, 1959, p. 286-9, bibliographie de sept références.

Des essais sur la localisation du sulfate d'ammoniaque sur du riz de plaine ont été effectués à la station de Kimberley (partie nord de l'Australie de l'ouest).

Deux variétés ont été utilisées : l'une du type *indica*, Meli n° 2, pendant la saison humide et l'autre du type *japonica* Caloro pendant la saison sèche. Les doses de 25 kg/ha de sulfate d'ammonium ont été utilisées pour la première, et 50 kg/ha pour la seconde, qui a une meilleure réponse à l'azote.

Les traitements et résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

Traitement, placement de l'engrais	Meli n° 2			Caloro
	Poids moyen panicules en g	Nbre moyen panicules	Rendement paddy t/ha	Rendement paddy t/ha
à 7,5 cm de profondeur au semis	5,4	141	5,350	7,614
à 2,5 cm de profondeur du semis	3,6	132	4,902	5,984
en surface du semis	3,7	130	4,791	5,907
en surface vingt et un jours après le semis....	3,8	128	4,521	4,672
plus petite diff. sign. (P = 0,50)	0.3	6	336	696

Pour les deux types, *indica* et *japonica*, on note un accroissement significatif de rendement en grain, quand le sulfate d'ammoniaque est placé à 7,5 cm de profondeur par rapport aux localisations plus superficielles. La localisation profonde donne en outre un accroissement du poids des panicules et de leur nombre ; elle retarde la maturité, accroît la hauteur des plants et, avec la variété du type *indica*, cause un affaiblissement de la paille.

***15* - 249**

Evatt (N. S.). — **Gulfrose fertilizer tests** (Essais d'engrais sur la variété de riz Gulfrose). *The Rice Journal*, New Orléans, 1960 (juin), vol. VXIII, n° 6, p. 30-3.

La variété Gulfrose à grains moyens, à maturité précoce et résistant à Hoja blanca, a été multipliée et mise à la disposition des cultivateurs pour la campagne 1960. On indique ici les résultats d'essais de fertilisation effectués par la station de Beaumont (Texas) sur sol argileux du lac Charles.

Les rendements de la première récolte de cette variété sont comparables à ceux obtenus avec Century Patna 231 et Nato. Cependant des conditions défavorables du milieu sont plus néfastes aux variétés à cycle végétatif les plus courts et Gulfrose est plus précoce de dix à seize jours que Century Patna. La faculté de produire une deuxième récolte par repousse est plus grande chez Gulfrose que chez Century Patna. Les rendements moyens de cette deuxième récolte ont été respectivement de : 1.885 kg/ha et 832 kg/ha.

Les résultats des essais d'engrais azotés montrent que la dose de 90 kg/ha d'azote est la plus efficace et qu'elle doit être appliquée au moment du semis ou aussitôt après. Des doses plus élevées 130-180 kg/ha diminuent significativement les rendements, particulièrement à trente jours ou davantage après le semis.

L'effet résiduaire, sur la seconde récolte, des applications faites sur la première ne compense pas la perte due aux fortes doses de celle-ci et on conseille de faire des applications distinctes pour chaque récolte.

***15* -250**

Schroo (H.). — **Acute zinc deficiency observed in cacao on certain soil types in Netherlands New Guinea.** (Déficience aiguë en zinc observée chez le cacaoyer sur certains types de sol de Nouvelle-Guinée Hollandaise). *Neth. Jour. Agr. Sci* (Wageningen), 1959 (nov.), 7, 4, 309-16, 6 fig., 1 tab., bib. (5 réf.).

Description des symptômes foliaires de carence en Zn sur les feuilles de cacao. Dans un cas, la déficience est imputable à la pauvreté de la roche-mère. Dans un autre, on observe des conditions défavorables à l'absorption du zinc du sol par les racines : pH très élevé, forte teneur en P_2O_5, faible capacité de rétention de l'eau en saison sèche, faible aération en saison humide.

Des applications foliaires de sulfate de zinc permettent de faire disparaître en sept mois les symptômes de carence.

A. C.

***15* - 251**

Butler (A. F.). — **Fertizer experiments with the Gros-Michel banana.** (Expériences de fertilisation sur le bananier Gros-Michel). *Trop. Agr.* Londres, 1960 (janv.), 37, 1, 31-50, 7 fig., 17 tab., bib. (11 réf.).

Compte rendu d'expériences exécutées à la Jamaïque pendant treize ans et au Honduras pendant trois ans. On peut en conclure que le seul traitement économiquement rentable est l'emploi d'une fumure azotée. P et K, seuls ou combinés avec N, n'amènent pas un surcroît de rendement notable. L'application de microéléments (Mn, Bo, Fe et Zn) ne produit pas d'amélioration et se traduit parfois par un effet dépressif.

A. C.

***15* - 252**

Van Dierendonck (J.). — **The manuring of Coffee, Cocoa, Tea and Tobacco.** (La fertilisation du café, cacao, thé et tabac). Centre d'Etude de l'Azote, Genève, 1959, 3, 1 vol., 206 p., phot. bibl.

Les régions tropicales consomment moins du cinquième de la quantité totale d'engrais utilisée dans le monde ; ce sont surtout des raisons d'ordre économique, qui ont limité cette consommation jusqu'à ce jour.

Les sols tropicaux sont le plus souvent assez pauvres car ils sont fortement lessivés ; les sols d'origine volcanique font exception. Le problème de l'ombrage est important : si on l'utilise, la plante est privée d'une partie de l'énergie solaire nécessaire à sa croissance et à sa productivité ; si on le supprime, l'assimilation augmente ainsi que les rendements, mais les réserves nutritives du sol s'épuisent plus rapidement et la fumure minérale devient alors nécessaire.

Café. Production mondiale : 2.500.000 t, en 1957-58 ; plus de 75 % provient de l'Amérique latine (Brésil et Colombie surtout) ; en Afrique la culture s'est très développée récemment (Afrique occidentale surtout).

1.000 kg de café séché exportent : 30 à 50 kg d'azote, 6 kg de P_2O_5, 30 à 50 kg de K_2O ; mais des quantités d'éléments nutritifs plus importantes sont nécessaires pour la formation de jeunes bois et de feuilles.

Les jeunes plants ont surtout besoin d'azote et de phosphore ; jusqu'à cinq ans c'est un apport de 30 à 60 kg d'azote et 40 à 80 kg de P_2O_5 à l'ha qui est le plus utile ; cela correspond à environ 20 à 50 g de N et 30 à 60 g de P_2O_5 par plant.

Par contre, pour l'arbre adulte, c'est l'action conjuguée de N et K qui devient primordiale : en culture sous ombrage il faut de 30 à 50 g de N et 40 à 70 g de K_2O par plant ; il y a d'ailleurs avantage à compléter cette fumure par un apport de 25 à 40 g de P_2O_5.

Sans ombrage le caféier réagit mieux à l'apport d'engrais, c'est l'azote qui joue le rôle le plus important et l'équilibre N-P_2O_5-K_2O optimum est 2-0,6-1 ; l'inconvénient de la culture sans ombrage est que le développement du système radiculaire est entravé par l'insuffisance d'humidité du sol ; on peut alors pratiquer le paillage.

C'est surtout sous la forme de sulfate d'ammoniaque que l'on apporte les engrais azotés, mais l'urée conviendrait aussi, en particulier en pulvérisation sur le feuillage. L'époque optima d'application de la fumure semble être la grande saison des pluies, mais pour réduire le lessivage, il vaut mieux opérer en deux fois, au début et à la fin de cette saison pluvieuse.

Cacao. Production mondiale : 920.000 t en 1957-58 ; les principaux pays producteurs sont le Ghana (35 %), le Brésil (17 %), la Nigéria (14 %).

1.000 kg de fèves de cacao séchées exportent environ 45 kg d'azote, 10 kg de P_2O_5 et 60 kg de K_2O ; mais les besoins annuels de la plante pour sa croissance sont plus élevés.

On a peu utilisé les engrais sur cacaoyer jusqu'à ce jour, car l'ombrage supprime souvent toute efficacité de la fumure ; les engrais azotés en particulier restent sans effet ; la fumure dans ce cas peut consister en un apport de 50 à 80 kg de K_2O et 30 à 60 kg de P_2O_5 à l'ha.

Si on supprime l'ombrage, le rendement augmente, à condition que la richesse minérale et l'humidité du sol ne soient pas facteurs limitants ; la fumure azotée devient alors nécessaire.

L'ombrage ne devrait pas être totalement supprimé, à moins que l'on puisse utiliser un autre moyen de protection du sol, tel que le paillage ; il serait très intéressant d'intensifier les études sur l'effet de la combinaison fumure minérale-paillage. Les époques optima d'application des engrais semblent être le début et la fin de la grande saison des pluies.

Thé. Production mondiale : 705.000 t en 1957 (Chine et U. R. S. S. non comprises) ; les principaux pays producteurs sont l'Inde, Ceylan, la Chine, le Japon, l'Indonésie.

1.000 kg de thé séché exportent : 40 à 50 kg d'azote, 8 à 10 kg de P_2O_5, 20 à 25 kg de K_2O, mais les besoins totaux pour la croissance de la plante représentent à peu près le double.

La plante étant cultivée pour ses feuilles, c'est l'azote qui joue le rôle prépondérant. Il faut de 60 à 80 kg de N à l'ha pour le thé ombragé ; on peut aller jusqu'à 130 kg pour le thé non ombragé.

Les engrais phosphatés et potassiques sont rarement efficaces ; on préconise cependant une dose d'entretien, de 20 à 25 kg de P_2O_5 et 30 à 45 kg de K_2O. Sur jeunes théiers, les engrais phosphatés sont nécessaires.

Tabac. Production mondiale : 3.872.000 t en 1956.

1.000 kg de feuilles séchées exportent : 40 à 50 kg d'azote, 10 à 15 kg de P_2O_5, 50 à 80 kg de K_2O.

La plante étant cultivée pour ses feuilles, c'est l'azote qui joue le rôle prépondérant, mais un excès est nuisible à la qualité. Les engrais phosphatés accélèrent la maturation, les engrais potassiques agissent sur la qualité.

Il faut éviter d'employer le chlorure de potassium. Les formules de fumure varient suivant le genre de feuilles que l'on veut récolter : pour le tabac à cigarettes (flue cured) on préconise 20 à 40 kg d'azote, 70 à 120 kg de P_2O_5 et 70 à 100 kg de K_2O par ha ; pour le tabac à cigares (air-cured) : 60 à 85 kg d'azote, 20 à 60 kg de P_2O_5 et 80 à 120 kg de K_2O ; enfin pour le tabac dit d'Orient (sun-cured) : 15 à 25 kg d'azote, 40 à 70 kg de P_2O_5 et 60 à 90 kg de K_2O.

S. B.

15-253

Mello (F. de A. F.), Moacyr (de O. C.). — **Efeitos da incorporacao de residuos de *Mucuna preta*, Crotalaria juncea e feijao baiano 1. Influencia producao de arroz** (Effet de l'incorporation au sol de résidus de *Stizolobium aterrimum*, *Crotalaria juncea* et *Vigna sesquipedalis* 1. Influence sur la production de riz). *Rev. de Agricultura*, Sao Paulo, 1960 (mars), p. 33-40. Bibl. 16 réf. Vol. XXXV, nº 1.

Les auteurs décrivent les résultats d'essai d'engrais verts sur des plantes en pot. La plante utilisée ici est le riz. Chaque pot reçoit le même apport minéral plus des résidus de trois Légumineuses (*Stizolobium aterrimum*, *Crotolaria juncea* et *Vigna sesquipedalis*) à trois stades différents de leur croissance.

Les principales conclusions sont les suivantes :

Les engrais verts utilisés au stade de leur croissance la plus précoce (avant la floraison) donnent de meilleurs résultats qu'une application plus tardive, sauf pour *S. aterrimum*, qui peut être incorporé à un stade avancé de développement avec le même intérêt.

Les autres traitements donnent les mêmes résultats qu'avec ou sans engrais verts.

15-254

Patrick (W. H.), Sloane (L. W.), Phillips (S. A.). — **Response of cotton and corn to deep placement of fertilizer and deep tillage.** (Réponse du coton et du maïs au placement en profondeur de l'engrais et au labour profond). *Soil Sc. Soc. Am. Proc.*, Madison, 1959 (juill-août), 23, 4, 307-310, 3 fig., 5 tab., bib. (8 réf.).

La disposition en profondeur de l'engrais et le labour profond peuvent entraîner une augmentation des rendements et un meilleur enracinement des plantes, lorsque le sol présente un horizon induré en profondeur. C'est particulièrement le cas au cours des années où la pluviométrie moyenne est faible : dans ce cas, les plantes peuvent atteindre en profondeur des niveaux qui leur permettent de surmonter la sécheresse.

A. C.

15-255

Rajat de, Ranbir Singh. — **Effect of micronutrient elements on growth, yield and chemical composition of sugar cane.** (Effets des micro-éléments sur la croissance, le rendement et la composition chimique de la canne à sucre). *Soil Sci.* Baltimore, 1960, (févr.), 89, 2, 97-100, 6 tab., bib. de 10 réf.

Compte rendu d'expériences aux champs, dans le Minnesota pour étudier l'effet d'une application, sur le sol ou la plante, de divers oligo-éléments : fer, cuivre, manganèse, zinc, bore, seuls ou en association.

En application foliaire, les oligo-éléments utilisés sont mieux absorbés que lors d'un apport dans le sol.
La croissance de la canne est nettement améliorée par un apport de fer (solution de sulfate ferreux à 0,5 %). On note également dans ce cas une augmentation du rendement, en liaison avec une nutrition azotée améliorée.
Une application de bore entraîne une amélioration de la qualité des jus, avec accroissement de la teneur en sucre de ces jus.

A. C.

15 - 256

Molle (A. L.). — **Importance relative des facteurs agrologique et climatique lors de la définition des exigences minérales de diverses spéculations végétales.** IIIe Conf. Interafr. Sols, Dalaba Guinée, 1959 (nov.), III, 27, 13 tab., bib. (7 réf.).

L'auteur commente les travaux effectués sur la fertilisation par l'INEAC depuis quelques années ; un grand nombre d'essais d'engrais ont été réalisés par la même méthode (méthode des variantes systématiques de Homès) avec les mêmes traitements et le même dispositif ; les seuls facteurs de variation inévitables étaient : le **sol** intervenant par son type pédologique et sa fertilité, **la plante cultivée** intervenant par l'espèce ou la variété, **le climat** intervenant surtout par la pluviométrie. C'est surtout le facteur sol qui influe sur la détermination de la fumure, puis le climat, et enfin la plante ; cependant l'efficacité du phosphore serait, dans certains cas, surtout liée aux conditions climatiques ; il faudrait donc fixer la fumure, plus en fonction du sol qu'en fonction de la plante ; un essai de fertilisation, dans lequel on ne précise pas le type de sol utilisé, est un essai très incomplet. Il y a parallélisme entre l'effet direct et l'effet résiduel, mais il reste à préciser beaucoup de points au sujet de l'effet résiduel des fumures. L'efficacité d'une fumure serait meilleure lorsque le complexe adsorbant est bien saturé, sauf si le taux de saturation dépasse 80 %. C'est en se plaçant au niveau situé entre les petites familles et les séries à l'échelle régionale (classification de Sys), que l'on obtiendrait la meilleure relation entre le type de sol et la fumure qu'il exige. La part de la fraction anionique dans la détermination du rendement est d'autant plus considérable que le taux de saturation du complexe adsorbant est plus faible ; pour un taux inférieur à 40 % ce serait donc l'équilibre anionique qui importerait ; il faut évidemment apporter des cations, mais leur équilibre serait alors indifférent. Par contre si le taux de saturation dépasse 60 %, l'équilibre cationique deviendrait primordial.

S. B.

15 - 257

Croegaert (J.), Molle (A. L.). — **Valeur agricole de quelques sols du Congo Belge.** *Pédologie*, Gand, 1957, VII, 145-55, 3 tab.

Cette note montre la nature très diverse des sols cultivés au Congo Belge, par une récapitulation des principales zones (Uele, Ubangui, Bas-Congo, Kuango, Kasai, Katanga, Ruanda-Urundi, Kivu, Ituri, et les grandes vallées). De ces données, les conclusions suivantes ont pu être tirées quant aux relations entre les sols et les rendements, pour deux cultures importantes, coton et maïs :

a) L'utilisation d'une seule espèce est insuffisante à préciser les différences de qualité agricole des sols.
b) Les renseignements obtenus pour deux spéculations permettent de compenser les erreurs d'interprétation auxquelles on aurait pu arriver par la première hypothèse seule.
c) La recherche des corrélations entre rendements et caractéristiques pédologiques, simples ou combinées, mène à un échec ; ce fait semblerait indiquer que d'autres facteurs entrent dans la détermination des rendements, en particulier le climat.
d) Certains impératifs agronomiques ne permettent pas aux facteurs pédologiques et climatiques de donner leur effet.
e) Le maïs, par sa plasticité écologique plus grande, est une moins bonne plante-test que le coton.
f) Une étude des corrélations entre facteurs agrologiques et rendements devrait être limitée à une région naturelle où les conditions écologiques sont moins variables.

C. T.

15 - 258

Bovay (E.). — **Carence en bore et dégâts provoqués aux cultures par des applications excessives d'engrais boriques.** *Fruits et Primeurs*, Casablanca, 1958, 298, 120-121 (rés. *Bul. Agr. Congo Belge*, Bruxelles, L, n° 3).

La fonction du bore paraît être celle d'un catalyseur. Ce serait un régulateur de l'absorption de l'azote et un équilibreur du rapport Ca/K. Si le taux de bore est insuffisant, la plante accumule le P_2O_5 sans pouvoir l'utiliser. Le bore se trouve à l'état naturel sous forme de tourmaline dans le sol. Mais il n'est pas assimilable. Par contre, il est assimilable dans les argiles marines et dans les matières organiques. La solubilité du bore est réduite par le chaulage ou l'application de chaux magnésienne. Si, par contre, on ajoute du potassium, l'absorption du bore augmente.
Les symptômes de carence en bore varient avec les espèces végétales : pourriture du cœur de la betterave, brunissement de la tête du chou-fleur, desséchement du bourgeon terminal chez les arbres fruitiers, etc. Les remèdes contre cette carence sont la suppression des chaulages excessifs et l'apport de sels boriques, plus abondants en sol basique qu'en sol acide. Le borax est la forme la plus pratique. La quantité à appliquer varie de 15 à 60 kg/ha. On peut également, en culture fruitière, asperger les feuilles avec une solution de borax à 0,5 % après nouaison.
En quantité trop grande, le bore a un effet toxique. Les symptômes de toxicité sont à peu près les mêmes que pour les carences en K et Mg. Il y a ralentissement de la croissance, chlorose et nécrose du bord des feuilles.

C. O.

15 - 259

Smeyers (F.). — **Utilisation de l'engrais et suppression de la jachère en agriculture congolaise organisée.** IIIe Conf. Interafr. Sols, Dalaba Guinée, 1959 (nov.), III, 73.

La suppression de la jachère serait utile en région surpeuplée, mais c'est dangereux, car le cultivateur africain ne mettra pas toujours l'engrais chimique nécessaire. L'auteur estime donc que le respect de la jachère à Graminées est indispensable si l'on veut préserver le capital sol.

S. B.

PHYTOLOGIE

Écologie

15 - 260

Li Yang Han. — **A study on the relation between precedent heading and the depth of transplanting of awned early rice plant variety on the basis of ecological comparative anatomy** (Etude des relations entre l'épiaison précoce et la profondeur du repiquage chez une variété précoce de riz barbu basée sur l'anatomie écologique comparative). *Acta Agriculturae Sinica*, Peking, 1960 (févr.), vol. XI, n° 1, p. 63-75, 15 fig., bibliographie de cinquante références.

1) La variété de riz précoce barbue s'est révélée être l'une des meilleures dans les provinces de Kiangsu et Chekiang et comme ayant pratiquement toujours un rendement supérieur à celui de toutes les autres variétés locales.

2) Pendant notre séjour à la commune du Peuple de Chien-den, en 1959, nous nous sommes aperçus que, environ un mois après le repiquage, plus de 20 % des plants avaient une épiaison plus précoce, tant dans les rizières à grande échelle que dans les fermes expérimentales, où les rendements sont élevés. Cette situation étant aussi fâcheuse que répandue, il est bon de faire une étude complète et de rechercher les moyens d'une amélioration.

3) Différents agronomes ont, dans leurs écrits, avancé des interprétations divergentes sur l'épiaison plus précoce des plants de riz. Les rapports les plus récents montrent que la controverse est encore loin d'être terminée. Le principal argument met l'accent sur l'âge des plants avant le repiquage et le manque d'engrais, sur la densité et la profondeur du repiquage de la plante.

4) Suivant les expériences faites par les cultivateurs, les anciens rapports et la documentation du Ministère de l'Agriculture de notre Gouvernement, le repiquage des plants de riz doit être droit et peu profond. Dans notre visite aux différentes rizières, nous avons trouvé que tous les spécimens, ayant eu une épiaison plus précoce, avaient été plantés profondément. Il en résultait que les entrenœuds de la partie souterraine de la tige s'étaient beaucoup allongés. La longueur de cette croissance varie suivant la profondeur à laquelle les plants ont été repiqués. De nouvelles racines adventives apparaissaient au nœud près de la surface du sol. Il y avait toutefois des variations dues à l'époque, où les épis sortaient de leur enveloppe, au processus de floraison, au rendement et aux caractéristiques de structure et de développement des entrenœuds de la tige, aux individus normaux et aux entrenœuds des individus nains à la fois au-dessus et en dessous de la surface du sol. Il est évident que l'épiaison plus précoce du riz est due à une technique agricole maladroite.

5) Des coupes transversales faites sur des plants normaux à différents niveaux des entrenœuds au-dessus de la surface du sol, ont montré un épiderme différencié. Vers l'intérieur le parenchyme basal est uniformément à cloisons minces.

L'épiderme est formé d'une seule couche de cellules. Immédiatement en dessous, les cellules sont par comparaison petites, et elles s'épaississent fortement pour former une bande de sclérenchyme avec lequel la zone externe des plus petits faisceaux vasculaires est en contact et dans lesquels ils peuvent être inclus. La zone interne est formée de faisceaux plus grands et des poches d'air sont situées entre ces deux cercles distincts de faisceaux. Les grandes cellules parenchymateuses internes sont remplies de grains d'amidon.

6) Le spécimen nain à épiaison plus précoce se distingue clairement de l'individu normal non seulement par sa petite taille, mais aussi par la surface étroite de ses feuilles, ses entrenœuds plus minces au-dessus du sol et par rapport à l'histologie de la plante, une bande notable de cellules fortement épaissies, et des cellules parenchymateuses relativement contractées.

7) En raison du développement des tiges souterraines aux dépens des matières stockées, les racines sont faiblement développées. Cela, à son tour, influence l'absorption au stade de la reproduction. La réduction des plants nains à épiaison plus précoce, est plus évidente pour les épis qui sont très petits. On pense que, plus la période de végétation est courte, plus il sera facile pour la plante de rencontrer, pendant la période de croissance, des conditions favorables qui lui permettront de se régler elle-même sur le milieu ambiant d'une région. En même temps cependant, la plante ne sera pas capable d'accumuler une grande quantité de matière sèche, et son rendement sera très bas.

8) Comme on l'a établi précédemment il y a encore des interprétations différentes, quant à la relation entre l'âge des jeunes plants à l'époque de leur repiquage et l'épiaison précoce. Puisque cette épiaison avancée du riz se produit, aussi bien dans les fermes expérimentales à culture intensive et à haut rendement, que chez les cultivateurs, cela montre que ce fait n'est pas lié avec la profondeur du repiquage et le manque d'engrais. Bien plus, les résultats ne semblent pas corroborer le fait qu'il y a de grandes différences dans les époques de maturité et les rendements suivant les différentes variétés de riz.

9) Par comparaison on a peu prêté attention à l'écologie agricole et aux recherches sur le milieu physique par rapport au développement des plantes, et à la structure et au rendement des plantes d'un point de vue quantitatif et qualitatif.

L'étude présente est une tentative pour comprendre les facteurs concernant le milieu artificiel et les caractéristiques de la structure des plantes, pour affirmer l'influence de la profondeur du repiquage sur l'épiaison plus rapide des variétés de riz précoce et pour découvrir l'existence d'une divergence naturelle entre la plante et le milieu, dont le rendement est la résultante finale.

15 261

AUBREVILLE (A.). — **Les fourrés alignés et les savane à termitières buissonnantes des plaines de Winneba et d'Accra**, Ghana. *Bois et Forêts Trop.* Nogent-sur-Marne, 1959 (sept.-oct.), 67, p. 21-4.

Vues d'avion, les plaines côtières du Ghana présentent des alignements de fourrés. La cause de ce morcellement dirigé doit être rapportée aux feux de brousse orientés par un vent qui, sur la côte du Ghana, souffle dans une direction constante. Les feux sont peut-être aussi guidés dans leur cheminement par l'obstacle des termitières, car les lambeaux effilochés qui demeurent sont en fait des alignements de termitières buissonnantes.

Au climat particulier du littoral du Ghana (1.300 à 600 mm de pluie avec deux à quatre mois très pluvieux et quatre à cinq mois éco-secs) correspond le fourré. La flore des fourrés ghanais est constituée par un mélange complexe d'espèces de forêt secondaire, d'espèces endémiques et d'espèces de savane soudano-guinéenne. Ces dernières sont-elles les vestiges d'une ancienne période aride se situant après la dernière glaciation et au cours de laquelle la forêt aurait reculé ?

G. BA.

15-262

PEARSON (G. A.). — **Factors influencing salinity of submerged soils and growth of Colororice.** (Les facteurs influençant la salure des sols inondés et la croissance du riz Coloro). *Soil Sc.*, Baltimore, 1959, (avr.), 87, 4, 198-206, 5 fig. 3 tab., bib. (14 réf.).

Description d'une expérimentation en vases de végétation permettant d'étudier les divers facteurs de la salure des sols : salure initiale du sol, teneur en sels de l'eau d'irrigation, intensité du drainage du sol. Les conclusions de cette étude sont les suivantes :

1) La conductivité de la solution du sol est en corrélation directe avec la conductivité de l'eau d'irrigation et en corrélation inverse avec la vitesse de drainage. Ces deux facteurs représentent 90 % des causes de variations de la salinité de la solution du sol.

2) La salure initiale du sol n'a qu'une importance limitée sur la conductivité finale de la solution du sol, lorsque celui-ci est drainé même faiblement : les sels solubles sont alors entraînés par l'eau d'irrigation.

3) Dans tous les cas, la conductivité de la solution du sol est supérieure à celle de l'eau d'irrigation, ceci par suite de l'évapotranspiration, elle-même proportionnelle à la quantité de matière sèche produite.

4) Le maximum de sensibilité des jeunes plants à la salure se manifeste aux premiers stades de développement.

5) Une baisse de rendement de l'ordre de 50 % est

associée à une conductivité de la solution du sol de 8 mmho. au voisinage des racines.

A. C.

15-263

JORDAN (H. D.). — **Utilisation des sols salins des forêts de mangliers pour la culture du riz.** IIIe Conf. Interafr. Sols, Dalaba, Guinée, 1959, (nov.), III, 29.

L'A. expose les recherches effectuées à la station de recherches rizicoles de Rokpur, en Sierra-Leone. Des forêts de palétuviers bordent les côtes et s'étendent le long de l'embouchure des fleuves ; il y a ainsi des surfaces considérables qui pourraient être cultivées en riz, si elles n'étaient pas salées. Deux méthodes d'utilisation du sol sont possibles : utilisation des eaux douces le long des estuaires des fleuves pendant la période des cultures ; à cette époque la masse d'eau douce transportée par les fleuves est suffisante pour empêcher la pénétration des eaux salées, arrêt par des digues de l'eau salée, et accumulation en amont de ces digues de l'eau douce.

On a constaté que les sols deviennent très acides dans les zones à *Rhizophora racemosa* ; ce phénomène ne se produit pas dans les zones à *Avicennia nitida*. Il y aurait une forte accumulation de soufre, due à l'absorption d'eau de mer, et des bactéries capables d'oxyder le soufre donneraient naissance à de l'acide sulfurique. En évitant l'arrivée de l'eau salée, et en lessivant le sol par l'eau douce, on arrive à éliminer cette acidité et à récupérer les terrains pour la riziculture.

S. B.

15-264

ISWARAN (V.), SEN (A.). — **Inactivation of *Azotobacter* by heat.** (Inactivation d'*Azotobacter* par la chaleur). *Curr. Sci.*, Bengalore, 1958, 27, 341-2 (rés., extr. *Soils and Fertilizers*, Harpenden).

Le pouvoir fixateur de N dans un milieu de culture de différentes espèces d'*Azotobacter chroococcum* isolées de différents sols de l'Inde augmente par une congélation prolongée jusqu'à trente-cinq jours, bien que quelques baisses temporaires se rencontrent chez la plupart des espèces soumises à une courte période de congélation. Un séjour à 45° de quatre jours et plus abaisse le pouvoir fixateur, qui cesse complètement après quinze jours quand les microorganismes prennent une forme de coccie de calibre réduit et ne reprennent aucune activité. Simulant les variations de températures qui sont courantes durant les journées d'été dans les plaines du nord de l'Inde par des séjours quotidiens à 45° de cinq heures, à 32° pendant seize heures, et à 20° pendant trois heures et cela pendant deux semaines, on diminue, mais on n'inhibe pas complètement la fixation de N par *Azotobacter*.

G. B.

15-265

BUSSON (F.), CARBIENER (R.), GEORGIN (A.), LANZA (J.). DUBOIS (H.). — **Contribution à l'étude de l'influence des facteurs variétaux et écologiques sur la composition en aminoacides des végétaux (Graines de Papilionacées alimentaires).** *Annales de la nutrition et de l'alimentation*, Paris, vol. XIV, no 2, 1960, p. 171-6, 1 tabl., bibliographie de quatorze références.

Le problème de l'influence des facteurs génétiques à l'intérieur de l'espèce, d'une part, et des facteurs écologiques, d'autre part, sur la composition en aminoacides de la fraction protidique des végétaux alimentaires est étudié sur des graines de Papilionacées. L'étude porte sur neuf génotypes de soja, vingt d'arachide, cinq de *Voandzeia*, quatre de *Phaseolus lunatus* et sur de nombreux échantillons de *Phaseolus vulgaris*, tous cultivés pour chaque espèce, côte à côte, dans des stations agronomiques. D'autres échantillons de ces mêmes espèces de diverses provenances sont aussi analysés. Les résultats consignés dans un tableau font ressortir des variations très faibles du taux des différents amino-acides exprimé sur la base de N = 16 %.

La teneur en azote total, et par conséquent en « protéines brutes », peut varier assez notablement d'un échantillon à l'autre, et peut être très nettement influencée aussi bien par les facteurs génétiques qu'écologiques. En général, les variations d'origine écologique sont d'amplitude nettement supérieure à celles d'origine génétique et peuvent donc masquer ces dernières.

Etant donnée la très grande homogénéité de la famille des Papilionacées, homogénéité que reflète la composition en amino-acides particulièrement uniforme, à quelques exceptions près, des graines d'un grand nombre d'espèces de cette famille, on était en droit de s'attendre, *a fortiori*, à une faible variabilité génotypique de cette propriété à l'intérieur de l'espèce.

Il semble qu'il y ait peu d'espoir d'améliorer par la sélection la composition en amino-acides des espèces de Légumineuses. Cette sélection se fera plutôt d'après la teneur globale en azote, et, selon les critères classiques de rendement, de qualités culinaires et technologiques, de résistance aux maladies et de souplesse écologique.

Physiologie

15-266

MAUNG MYA THAUNG. — **Stimulating effects of nuclear radiations on development and productivity of rice plants** (Stimulation de la croissance et de la productivité des plants de riz sous l'effet des radiations nucléaires). *Nature*, Londres, vol. CLXXXVI, no 4729, 1960 (18 juin), p. 982-3.

En 1956, KUZIN démontra que les radiations ionisantes stimulaient la croissance et le développement de différentes plantes cultivées. On décida donc d'étudier ce phénomène sur le riz.

Les expériences, décrites ci-après, ont été réalisées avec des grains de riz secs des variétés C33-18 et D17-88 exposées aux radiations d'une bombe au Co 60. Les essais de germination furent conduits sur du papier-filtre humide dans des boîtes de Petri. Les plantules furent transplantées dans des pots le cinquième jour. A trente jours, les jeunes plants furent repiqués dans des parcelles non fertilisées.

Les résultats des observations sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Variétés	Traitement	Germination (%)	Hauteur moyenne du plant (cm)	Longueur moyenne de la panicule (cm)	Rendement en grains (kg/A.)	Pour cent par rapport au témoin
C 33-18	0 r	95	129,5	22,2	1 260	100,0
	500 r	94	134,6	22,5	1 320	104,8
	1 000 r	96	141,8	22,9	1 371	108,8
	1 500 r	94	131,8	22,6	1 464	116,2
D 17-88	0 r	100	125,3	29,1	1 160	100,0
	500 r	100	125,4	28,9	1 285	110,8
	1 000 r	100	129,0	29,8	1 219	105,1
	1 500 r	100	124,3	26,7	1 035	89,2

On remarque que la verse augmente progressivement : faible à 1.500 r., elle passe à 100 % avec une irradiation nulle (témoin) pour les deux variétés juste avant la maturité des grains. Il semble donc que les

radiations provoquent une silicification des parois des cellules et une meilleure utilisation par la plante du potassium ou du silicium du sol.

On a entrepris d'autres expériences dont les résultats sont donnés dans le tableau ci-après, en apportant des fertilisants aux plants neuf jours après leur repiquage.

Traitement	Activité totale de 32 P (μc)	Hauteur moyenne du plant (cm)	Rendement des grains lb. par 23 « clusters »	Augmentation (%)
0 —	—	64	0,40	—
20 lb 31 P_2O_5/A	—	102	0,87	—
40 lb	—	113	1,57	—
60 lb	—	128	2,45	—
20 lb 32 P_2O_5/A	748,36	114	1,27	46
40 lb	1 517,92	123	2,27	45
60 lb	2 288,54	127	3,16	29

Il est clairement établi que les rayons β et γ, à des degrés comparativement bas, stimulent la croissance et la productivité du riz. A dose égale de radiations nucléaires semblables, les variétés réagissent différemment. On envisage d'étudier le maintien de l'influence des radiations pendant la saison culturale suivante et l'interaction, avec un éventail plus grand de doses, des traitements aux rayons γ et les apports de phosphate radioactif ou non à appliquer à différents âges des plants.

15-267

ROBERTS (E. H.). — **The effect of gamma BHC on the growth of rice seedlings** (Effets de l'isomère gamma d'HCH sur la croissance des plants de riz). *Empire Journ. of Exper. Agric.* Oxford, vol. XXVIII, nº 110, 1960 (avr.), p. 133-8, 1 planche, 2 fig., bibliographie de huit références.

Lorsque des semences de riz sont stockées au contact de produits contenant de l'HCH, elles accumulent l'isomère gamma et sans doute les autres isomères présents. Après deux mois de conservation, des difformités se manifestent au moment de la germination ; après neuf mois, ces difformités atteignent un degré équivalent à celui observé sur des plantules issues de grains non traités par des produits à base d'HCH, mais mises à germer sur solutions contenant de 29,1 à 291 ppm d'HCH gamma. Le pourcentage de germination n'est pas affecté.

15-268

SHIA-SHU-FANG, YIN HUNG-CHANG, WANG MA-CHI, YU CHIH-HSIN. — **The changes of photosynthetic surface area and net rate of assimilation of rice at various stages of growth** (Les changements de grandeur de la surface photosynthétique et le taux net d'assimilation du riz à différents stades de croissance). *Acta Agriculturae Sinica*, Peking, 1960 (févr.), vol. XI, nº 1, p. 41-7, 2 fig., bibliographie de dix-sept références.

L'expérience suivante fut faite pour déterminer les changements de grandeur de la surface photosynthétique et le taux net d'assimilation du riz, à différents stades de croissance depuis le repiquage jusqu'à la maturité. On utilisa pour cet essai la variété de riz d'arrière-saison Lau Lai Ching. Les résultats ont montré que :

1) La surface foliaire et la surface totale des parties vertes atteignaient leur maximum à l'épiaison. Après, la surface totale de la gaine des feuilles et les épis jouaient un rôle important dans la photosynthèse.

2) Le poids sec des parties aériennes augmentait avec la croissance de la plante, et se stabilisait graduellement vers la maturité. Le poids de la tige montrait la même tendance, mais se stabilisait à l'épiaison. Après, les produits élaborés s'accumulaient d'abord dans les épis.

3) Le taux net d'assimilation était maximum au moment du tallage et de nouveau à l'époque du grain laiteux.

4) Le taux net d'assimilation n'était lié ni à l'intensité photosynthétique, ni à l'accumulation des matières sèches.

15-269

RICHHARIA (R. H.), GOVINDASWAMI (S.). — **Flowering and photo-sensitiveness in *Oryza sativa*** MOENCH (Floraison et sensibilité au photopériodisme des *Oryza sativa* Moench). *Rice News Teller*, New Delhi, 1960, (janv.), vol. VIII, nº 1, p. 3-4, 3 fig., bibliographie de six références.

Le riz cultivé, *Oryza sativa* L., présente des caractères morphologiques et physiologiques très différents. Le plus important, puisque la sélection des variétés de montagne ou de plaine en dépend, est l'époque de l'épiaison.

Le temps du semis à l'épiaison varie considérablement (de soixante à cent quatre-vingts jours), contrairement au délai de maturation qui est toujours d'environ trente jours.

Une étude faite en 1958 a suggéré qu'il existait une relation entre l'époque de floraison du riz sauvage, *O. perennis* et celle des variétés cultivées.

Le riz sauvage, *O. perennis*, est une espèce cosmopolite, poussant abondamment dans les réservoirs d'irrigation, les canaux, les mares, etc... C'est une plante à rhizomes pérennes et souterrains, à panicules longues et flexibles, à longues barbes. Elle commence habituellement à fleurir fin octobre ou début novembre. A la fin de décembre les graines s'égrènent. Avec une quantité d'eau suffisante, on observe une deuxième floraison de janvier à février.

De nombreux généticistes pensent que *O. perennis* MOENCH est l'ancêtre probable de l'actuel riz cultivé, *O. sativa*. Une grande partie des caractères, que présentent les riz cultivés, pourraient provenir de *O. perennis*. Les caractères ancestraux seraient : les panicules ouvertes, l'habitude de ramper de la plante, la présence des barbes, la sensibilité à l'égrenage, la couleur rouge clair du péricarpe et la durée entre le semis et l'épiaison.

O. perennis est sensible aux jours courts et cette sensibilité photopériodique est un trait significatif. Les riz cultivés se divisent en variétés sensibles et non sensibles.

Si cette photo-sensibilité des riz cultivés provient de *O. perennis* il en découle deux conséquences :

les variétés d'hiver photo-sensibles peuvent avoir ce caractère de *O. perennis* ;

celles qui sont insensibles auraient alors une origine plus récente par mutation de gène suivie de sélection et de conservation sous l'effet de la culture.

Suivant CHANDRARATNA (1955) la sensibilité à la photopériode, dans les exemples qu'il a étudiés, est déterminée par un seul gène dominant Se. Il reste encore à rechercher si cela est vrai dans tous les cas.

15-270

MISHRA (R. K.), MISRO (R.). — **Studies on photoperiodism. 1 Photoperiodic response of early varieties of rice** (Etudes sur le photopériodisme. 1) (Réaction photopériodique des variétés de riz précoces). *Rice News Teller*, New Dehli, 1960 (avr.), vol. VIII, nº 2, p. 3-5, bibliographie de neuf références.

Depuis 1920, l'importance de la photopériode, durant la croissance des plantes, sur la détermination de l'époque de floraison est reconnue par tous.

On a donc étudié son effet sur les variétés de riz à maturité précoce, moyenne et tardive. Pour les variétés précoces on a utilisé les types « aus » de l'ouest du Bengale », « beali » d'Orissa, « kar » et « karuvai » de Madras et « bhadoi » de Bihar.

En 1952-53, des expériences furent faites sur des jeunes plants d'une semaine avec les variétés précoces Ch 2, Ch. 45, Ch. 47, Ptb 10, Co 13, qui furent soumises à de courtes photopériodes (huit heures) pendant une, deux, trois et quatre semaines en pépinières, puis repiquées dans les champs.

Dans un cas, le traitement, après une photopériode courte, appliquée pendant quatre semaines dans les pépinières, fut prolongé jusqu'à l'épiaison, après que les plants aient été repiqués dans des pots.

Il est généralement admis qu'il y a une période d'insensibilité, même pour les variétés précoces, jusqu'à trois semaines.

Les différents caractères de la croissance (autres que l'induction à la floraison), ne sont pas affectés par un traitement à jour court sur les jeunes plants.

Les photopériodes courtes appliquées pendant trois à quatre semaines dans les pépinières entraînent un retard dans la floraison.

Par contre, si le même traitement photopériodique est appliqué jusqu'à l'épiaison on obtient l'effet contraire : une floraison plus précoce pour toutes les variétés. Cela est vrai pour des variétés plus tardives. Le retard apporté par la culture en pot ne change rien à ce fait. L'accélération due au traitement aurait été plus grande si l'on avait pris des jeunes plants de cinq semaines non traités jusqu'alors.

Ch. 45, Ch. 47 et Ptb 10 sont plus sensibles aux jours courts par comparaison avec les deux autres variétés. Il y a donc une différence de comportement des variétés précoces vis-à-vis de la longueur réduite du jour.

En résumé, l'âge de la plante au commencement du traitement est un facteur primordial pour la sensibilité de la plante à la photopériode. Avant un certain âge, la pratique des jours courts entraîne un retard de la floraison, après cette limite l'effet est nul. Cette question demande de plus amples recherches.

15 - 271

Butany (W. T.), Sastry (M. V.). — **Effect of gibberellic acid on *Oryza sativa*** (Influence de l'acide gibberellique sur *Oryza sativa*). *Rice News Teller*, New Dehli, 1960 (avr.), vol. VIII, n° 2, p. 11-13, 1 fig. bibliographie de onze références.

Dernièrement on a beaucoup étudié l'influence de l'acide gibberellique ($C_{19}H_{22}O_6$) sur la croissance et la reproduction des plantes, sur quatre-vingt-dix espèces appartenant à plus de trente-deux familles.

Pour le riz on a pris, à l'Institut Central de Recherches sur le riz, des variétés naines provenant des Etats-Unis, des Indes, du Japon, et on a étudié les réactions de ces variétés à l'acide gibberellique (ou G. A.) quant à la grandeur de la plante. On a utilisé pour la seconde récolte (janvier-avril), de 1957-58, quatre variétés naines : Central Rice Research, Institute Dwarf, Nejireba 803, Murasaki Koyabozu 836 et Mitsuryuto 832. On les a traitées avec 1-10 et 100 ppm de G. A. dans de l'eau, soit en faisant tremper les graines pendant seize heures, soit en faisant suivre cette opération d'une pulvérisation cinq fois par semaine à la même concentration jusqu'à ce que les plants en pot aient vingt-cinq jours. Il y eut deux repiquages avec deux pots (un plant dans chaque pot).

Les résultats obtenus ont montré que le taux de croissance augmentait proportionnellement à la concentration de G. A. Pour les variétés sensibles à l'action de G. A. la plante grandissait de façon significative, et, suivant la concentration de G. A., à la fois pour les graines qui ont trempé dans une solution de cet acide et pour celles qui ont de plus subi une pulvérisation.

Parmi les six variétés naines : quatre (Central Rice Research Institute Dwarf, Nejireba 803, Murasaki 836, et Japan 1) ont réagi au traitement avec G. A. quant à la grandeur de la plante, tandis que Mitsuryuto 832 et T 432 n'ont pas réagi. Aucune des variétés naines n'a cependant atteint la taille des plants normaux. Les variétés normales T 608 et T 141 ont été sensibles à G. A. pour la taille.

Pour les autres caractères, tels que le tallage, l'époque de la floraison, le pourcentage de stérilité des épillets, le rendement en grains, le poids de paille, les variétés réagissent différemment suivant les différents degrés de concentration de G. A.

15 - 272

Shen Gong-Mou. — **Translocation and distribution of assimilates from the leaves of rice plant during its various developing periods. Experiments with radioactive carbon (C^{14})** (Déplacement et distribution des produits élaborés dans les feuilles du riz au cours de ses différentes périodes de développement). *Acta Agriculturae Sinica*, Peking, 1960, (févr.), vol. XI, n° 1, p. 30-9, bibliographie de trente références.

L'accumulation et la distribution des matières sèches des plantes avaient été pendant longtemps étudiées scientifiquement uniquement par pesées. Ces dernières années, un nouvel instrument expérimental, l'emploi d'isotopes radioactifs, a été découvert. Cette méthode d'utilisation des isotopes radioactifs possède de nombreux avantages. Par exemple, grâce au gaz carbonique radioactif ($C^{14}O_2$) on peut suivre la direction et la rapidité du déplacement des produits photosynthétiques et on peut différencier l'activité relative des surfaces vertes aux différents endroits de la plante.

C'est cette méthode, qu'on a employée dans le présent travail. On a enfermé dans des tubes de verre, servant de chambres photosynthétiques, les feuilles de riz attachées à la tige suivant différentes positions. Les chambres furent reliées entre elles formant ainsi un système fermé. Le gaz carbonique radioactif $C^{14}O_2$ fut distribué par un système de pompes (volume total du gaz 0,5-1,0 litre, circulant à > 10 l/h ; concentration de CO_2 1 %, radioactivité 50-100 μ C). La photosynthèse se fit à la simple lumière du soleil et pendant vingt à trente minutes. Les plantes, après leur exposition, furent laissées dans des conditions naturelles pendant quatre jours. Quelques plantes furent ombragées artificiellement. Alors on coupa les plantes en parties (organes) que l'on fixe dans de l'alcool chauffé à 80 %. Le matériel fixé fut subdivisé en trois fractions :

1) l'extrait original alcoolique,
2) l'hydrolysat par HCl à 2 %,
3) 80 % (W/W) traité par H_2SO_4.

La partie aliquote de chaque fraction fut desséchée sous forme de pellicule et sa radioactivité calculée à l'aide d'un compteur à fenêtre terminale en mica GM. Dans cet article on ne donne que la radioactivité totale, c'est-à-dire la somme des trois parts.

Les plants de riz (variété Lao Lai Ching) ont été cultivés en solution nutritive en pots. Les expériences furent faites aux cinq étapes successives de développement (1) à l'époque du tallage, (2) au moment de l'élongation des nœuds, (3) à l'époque de l'initiation des épis (10-15 jours avant l'épiaison), (4) à l'épiaison, (5) au moment du grain laiteux. Pour chaque expérience on utilise généralement trois feuilles, nourries séparément avec $C^{14}O_2$. Ce furent (1) la première feuille la plus haute représentant les jeunes feuilles nouvellement fournies, (2) la deuxième feuille, la plus active photosynthétiquement, et (3) la quatrième feuille, représentant les plus vieilles feuilles à la partie inférieure de la plante.

On a obtenu les principaux résultats suivants :

a) La production des produits élaborés dans les feuilles dépendait grandement de l'apport. Si les feuilles étaient ombragées après avoir reçu $C^{14}O_2$, cette production décroissait de façon notable. Le pourcentage de radioactivité restant dans les feuilles était beaucoup plus important quoique sa répartition, entre fractions solubles, hydrolysables et insolubles restât la même, ce qui montre qu'il y a échange ou transformation constante entre ces fractions.

b) A chaque époque de développement correspondait dans la plante une certaine croissance active ou un centre de stockage, vers lequel se déplaçait la majorité des produits photosynthétiques des feuilles. Lorsque les plantes étaient ombragées et que l'apport était limité, la préférence était donnée au centre d'activité.

Pendant l'époque du tallage et de l'élongation des nœuds, la jeune feuille nouvellement formée était le centre actif. Pendant l'initiation des épis c'était l'épi et la tige. Après l'épiaison, seul l'épi était le centre actif.

c) Les différentes feuilles se comportaient différemment suivant le déplacement de leurs produits élaborés. Pendant le tallage et l'élongation des nœuds les produits photosynthétiques de la plus haute feuille ne se déplaçaient pas parce que la feuille elle-même était le centre actif de la croissance de la plante.

A l'initiation des épis une partie de ces produits élaborés se déplaçaient vers les épis et la tige. Après l'épiaison, c'était la feuille la plus haute qui apportait la plus grande contribution au rendement du grain.

La deuxième feuille était toujours le fournisseur le plus actif à toutes les époques du développement. Une grande quantité de produits photosynthétiques était acheminée vers le ou les centres respectifs.

Les feuilles de la partie inférieure de la plante jouaient un rôle relativement important dans la nourriture du système radiculaire et les entrenœuds inférieurs de la plante. Leur activité photosynthétique diminuait grandement après l'époque du développement des épis. A partir de ce moment-là, les produits élaborés pouvaient seulement compenser ses pertes par respiration et ne pouvaient plus apporter une contribution significative aux autres parties de la plante.

d) A l'époque du tallage et dans des conditions de lumière favorable, les produits photosynthétiques de la tige principale pouvaient être partiellement acheminés vers de jeunes talles nouvellement formées. Mais si la tige principale était ombragée artificiellement et que son assimilation fût inhibée, la priorité était donnée à son propre centre actif et aucun produit élaboré ne se dirigeait plus vers les talles. Après le tallage aucun déplacement appréciable de produits élaborés ne se produisait de la tige principale vers les talles même dans des conditions de lumière favorables. Les talles devenaient indépendantes photosynthétiquement.

Les résultats sont discutés en fonction de la régularisation des apports matériels et de la croissance du riz et, par rapport aux anciennes expériences et aux mesures pratiques utilisées par les cultivateurs pour contrôler le développement des plantes.

Sélection végétative et sexuée

15-273

RAMIREZ (D. A.), SAJOSO, BERNARDO (F. A.). — **Inheritance studies in rice** (Etudes de l'hérédité chez le riz). *The Philippine agriculturist*, Laguna, 1960, (janv.), vol. XLIII, p. 494-503, 1 fig., bibliographie de huit références.

La pigmentation de l'apiculus et du stigmate est sous la dépendance d'une paire de gènes étroitement associés. L'action du facteur chromogène de base C est complétée par A pour manifester la pigmentation pourpre de l'apiculus.

Le rapport probable de 9 colorés pour 7 non colorés a été observé. L'action des gènes C et A s'étend en stigmate en présence d'un autre gène Sp.

La couleur de la gaine foliaire donne lieu à une disposition présentant différentes proportions indiquant que ce caractère est sous la dépendance de différents gènes. L'hérédité fait apparaître des réactions complexes. Les croisements n[os] 7, 14 et 23 paraissent être contrôlées par les trois mêmes paires de facteur complémentaire.

La disjonction dans la descendance du croisement montre que seulement deux paires de facteur contrôlent le caractère, alors que dans le croisement 9 la disjonction suggère que quatre facteurs sont responsables de la pigmentation anthocyane des gaines foliaires.

L'hérédité du caractère « runner » (formation de talles sur les nœuds supérieurs) paraissent être sous la dépendance de deux paires de facteurs, un croisement suggérerait une paire de gène dédoublée, un autre ferait penser à l'action d'un gène épistatique. Il semble que l'hérédité de ce caractère soit plus complexe.

15-274

RICHHARIA (R. H.). — **Perennating habit in cultivated rice** (Aptitude au caractère pérenne pour le riz cultivé). *Rice News Teller*, New Delhi, 1960, (janv.), vol. VIII, n° 1, p. 8, bibliographie de deux références.

Dans certaines cultures des plants de riz peuvent se conserver par rejets. On emploie cette faculté pour conserver les hybrides pour la saison suivante.

On a observé des différences de propagation pour les hybrides d'une même population. L'aptitude de rejeter est très répandue pour l'espèce cultivée, *Oryza sativa*, mais n'a pas été complètement étudiée.

Cette faculté de rejeter est considérée par certains, comme un caractère variétal. Parmi un grand nombre de variétés observées de 1948 à 1951 à Sabour (Bihar), seule Ch. 10 avait des rejets, de façon valable.

Les différentes variétés de riz se comportent différemment ; ce sont les bourgeons axillaires développés à l'endroit des nœuds des chaumes qui deviennent des talles. Des observations fortuites, faites sur des chaumes laissés après la moisson sur un certain nombre de variétés provenant des différentes parties des Indes, dans les souches génétiques mondiales et sur des populations d'un certain nombre de croisements de différentes générations faites à l'Institut Central de Recherche sur le riz, ont montré que :

1) on peut classer les variétés pures sur leur caractère de pérennité en : (*a*) celles dont les chaumes ne sont pas pérennes, c'est-à-dire ne donnent pas des talles, (*b*) celles dont les chaumes sont pérennes, (*c*) celles dont les chaumes sont l'une ou l'autre, la proportion variant grandement avec les variétés ;

2) les souches génétiques mondiales révèlent une tendance à la pérennité surtout pour celles à maturité tardive ;

3) il y a des proportions variables de plantes à possibilités pérennes dans les individus à différentes générations. Dans certains cas on peut en donner une interprétation génétique.

L'aptitude à la pérennité semble héréditaire, et, certaines lignées pures peuvent être séparées d'après ce caractère, des recherches plus poussées pour une sélection suivant ce critère, sont alors nécessaires.

Chez le riz cultivé, cette faculté constitue un caractère ancestral.

15-275

YAN YÜ-RUI, PAO WEN-KWEI. — **Investigation on the breeding method of induced polyploids of some cereal crops. I. Tetraploid rice** (Recherches sur l'amélioration de quelques céréales par création de polyploïdes. I. Riz tétraploïde). *Acta Agriculturae Sinica*, Peking, 1960 (févr.), vol. I, n° 1, p. 1-19, 8 fig., 1 planche, bibliographie de trois références.

A l'époque du tallage, les plants de riz fendus transversalement dans la zone de la couronne sont traités avec une solution à 0,05 % de colchicine pendant dix jours. Environ 50 % des plants, qui subsistent après le traitement, deviennent des chimères de tissus diploïdes et tétraploïdes. Le pourcentage des chimères est d'environ 20 % plus faible lorsque les plants n'ont pas été blessés à la couronne avant le traitement.

Pour le traitement des hybrides F1 des croisements Hsien × Keng, il a été avantageux de multiplier végé-

tativement les plants en séparant les talles au moment de leur formation afin de disposer d'un nombre suffisant de plants.

Deux sortes de grains peuvent être trouvés sur la même panicule, les uns diploïdes à dimensions normales, les autres tétraploïdes plus gros.

Actuellement on dispose de trois variétés autotétraploïdes de Hsien et trois de Keng. Cette année (1959) des grains autotétraploïdes ont été obtenus de sept autres variétés traitées.

Douze bivalents ont été observés à la diakinèse et à la métaphase de la méiose des PMC (?) des hybrides F1 Hsien-Keng. Aucun comportement anormal des chromosomes n'a été remarqué aux stades suivants. L'homologie des chromosomes entre Hsien et Keng semble complète. On observe une forte fréquence de tétravalents à la diakinèse dans les variétés autotétraploïdes comme dans les hybrides F1 Hsien × Keng tétraploïdes. Le nombre de tétravalents compté à la diakinèse par PMC varie de trois à onze à la fois dans les variétés et les hybrides. En moyenne il y a de sept à huit tétravalents par cellules. La plupart des tétravalents observés à la diakinèse semblent avoir été retenus à la première métaphase.

Ainsi le nombre moyen de tétravalents par PMC à la métaphase est de cinq à six, soit seulement deux de moins qu'à la diakinèse. Il n'y a pas de tendance à la diminution de la fréquence des tétravalents dans la descendance hybride Hsien × Keng. Une cellule avec douze tétravalents à la diakinèse a été observée dans un plant F6 de la lignée 7145-7 qui avait une fertilité moyenne de 67,7 % à la germination précédente.

En général, les variétés autotétraploïdes sont partiellement stériles, c'est presque une règle que la stérilité partielle des variétés Keng autotétraploïdes est plus forte que celle des variétés Hsien autotétraploïdes. Cependant la stérilité partielle varie dans une certaine mesure parmi les variétés d'une même sous-espèce. Par exemple, dans la sous-espèce Hsien, la fertilité de l'autotétraploïde Nan-te-hao est plus faible que celle de l'autotétraploïde Chwan-nong 422. Des cas semblables peuvent être trouvés parmi différentes variétés Keng autotétraploïdes. Les variétés autotétraploïdes devaient être utilisées dans les travaux d'amélioration, elles ont constitué des variétés parentes dans les croisements tétraploïdes Hsien × Keng.

Les plants diploïdes F1 de Ning-fong (Keng) × Nan-te-hao (Hsien) ont été traités par la colchicine et vingt-trois panicules chimères ont été obtenues. On a trouvé que, sur la même panicule, la fertilité des épillets tétraploïdes est environ dix fois plus grande que celle des diploïdes (29,0 % des premiers forment des grains contre 2,8 % pour les seconds).

La descendance hybride des combinaisons de croisements des variétés tétraploïdes Hsien-Keng, Ming-fong × Chwan-nong 422 et Shoei-yuan × Chwan-nong 422, a été sélectionnée pendant six générations. Chaque année, des sélections préliminaires de plants furent faites dans le champ à l'époque de la maturation. Les plants récoltés purent être triés au laboratoire et ceux, qui se révélaient défectueux, à la fois au point de vue de la fertilité et du poids des grains, furent éliminés. Sur mille six cent quatre plants F3 seulement un avait une fertilité de 80 %. Cependant, dans les dernières générations, le nombre de plants avec une fertilité presque normale, environ 80 %, s'accroît rapidement. En 1959, 9,84 % des plants F6 avaient une fertilité supérieure à 80 %. Par la suite dans la descendance de F6 neuf lignées ont été isolées, chacune d'elle a une fertilité voisine de 80 %. La fertilité de deux lignées mélangées (?) (d'une sélection opérée dans la F5) a atteint environ 74 %. Ces résultats montrent que la stérilité partielle du riz tétraploïde peut être éliminée rapidement en employant des croisements Hsien × Keng au niveau des tétraploïdes et en sélectionnant par la suite. En vue d'une nouvelle amélioration de la fertilité, la sélection doit être poursuivie à partir des lignées isolées et, en attendant, des tests préliminaires d'adaptation régionale seront effectués.

15 - 276

ACOSTA (J. C.), PETRACHE (L. M.). — **The transfer of the bushy character from cowpea** (*Vigna sinensis*(Linn. Sav.) **to sitao** (*Vigna sesquipedalis* Fruw.). (Translation du caractère buissonnant du *Vigna sinensis* à *Vigna sesquipedalis*). *Philippine Agric.*, Laguna, 1960, (févr.), vol. XLIII, n° 9, p. 535-47, 1 fig. bibliographie de dix références.

Vigna sinensis (buissonnant) et *Vigna sesquipedalis* (rampant) sont moyennement compatibles (la comptabilité étant définie par le rapport du nombre de gousses obtenues au titre de fleurs fécondées). Les quelques gousses obtenues donnent un nombre convenable de graines.

Par l'amélioration et la sélection, il est possible de combiner certains caractères de *V. sinensis* et de *V. sesquipedalis*, notamment le port buissonnant et la gousse tendre. De plus le rendement, l'adaptabilité au sol et au climat et la résistance aux nématodes et aux bactéries seront sans doute améliorées.

Le développement de la croissance et la longueur de la gousse dans les F1 sont intermédiaires entre les deux souches extrêmes. Dans la F2, quelques plants en disjonction ont une gousse plus longue que celle de leurs souches initiales, mais il n'y a pas d'augmentation du nombre de graines par gousse.

On a choisi six lignées, numérotées de 1 à 6, dans la génération F6. Deux (1) et (2) sont rampantes, une (3) est intermédiaire ; et trois (4) (5) et (6) sont buissonnantes. Les lignées (4) (5) et (6) ont des péricarpes peu résistants. Dans les expériences, en saison sèche et en saison humide, les lignées (5) et (6) ont un rendement nettement supérieur à celui des autres lignées, des souches initiales ou de certaines variétés standard prises comme contrôle. La lignée (2) ne donne pas satisfaction pendant la saison sèche ni la lignée (4) pendant la saison humide. Les types buissonnants parviennent à maturité quatorze jours plus tôt et ont de plus petites gousses que les types semi-rampants. La durée de la vie sexuelle de toutes les variétés est de trente-deux jours sauf pour *Vigna sesquipedalis,* où elle est de trente-six jours.

Au point de vue de la qualité alimentaire, la lignée (1), récoltée en saison sèche est la plus estimée, mais en saison humide, un autre groupe de dégustateurs considèrent toutes les variétés comme bonnes, sauf l'Alabama Crowder qui est médiocrement appréciée et le Cotabato qui est très bon.

Il y a deux points de récolte durant la saison sèche. On note pendant l'expérience en saison humide, une diminution graduelle du rendement du début à la fin de la récolte.

Le Gérant : A. ANGLADETTE.

742. — Imp. JOUVE, 15, rue Racine, Paris. — 1-61